



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y**  
**ZOOTECNIA**



**“DENSIDAD DE VELLÓN EN RELACIÓN CON FOLÍCULOS  
PILOSOS Y FINURA DE FIBRA EN ALPACA HUACAYA”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Br. NILTON WILBER HILASACA MAMANI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA**

**PUNO – PERÚ**

**2022**



## DEDICATORIA

*A Dios quien me dio la fé, salud, conocimiento y fortalecimiento. A mis padres Tiburcio y Francisca, por el gran apoyo que me han demostrado, con sus recomendaciones, que mi dieron fuerza hasta lograr mis metas.*

*A mis hermanos. César y Nilda por estar a mi lado conmigo en momentos, críticos para tomar y luchar por mis sueños.*

*A mis compañeros y amigos, por los alientos en momentos más difíciles.*

***Nilton.***



## AGRADECIMIENTO

*Habiendo culminado con mi propósito agradezco a Dios todo poderoso por guiarme, conducirme y cuidarme la vida, luego mi sincero agradecimiento a la Universidad Nacional del Altiplano Puno, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por cubijarme en sus aulas y facilitarme laboratorios.*

*Al Centro Experimental "LA RAYA" y Laboratorio de histología de Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por permitirme realizar mi trabajo de tesis.*

*Agradezco a mi Director de tesis M.V.Z. Juan Guido Medina Suca. Por su asesoramiento, dirección, consejos, orientaciones y su valioso tiempo.*

*Dr. Julio Málaga Apaza. Por su apoyo como asesor.*

*A los docentes de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por impartirme sus conocimientos, sabidurías y consejos en mi formación profesional.*

*Finalmente, a todas las personas y amigos, que de alguna manera aportaron para culminar el presente trabajo.*

***Nilton.***



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE ACRONIMOS**

**RESUMEN ..... 10**

**ABSTRACT..... 11**

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... 13**

1.1.1. Objetivo general ..... 13

1.1.2. Objetivos específicos ..... 13

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. MARCO TEÓRICO ..... 14**

2.1.1. Fibra de alpaca ..... 14

2.1.2. Medida de la calidad de fibra ..... 14

2.1.3. Analizador óptico del diámetro de fibra (OFDA)..... 15

**2.2. HISTOLOGÍA DEL FOLÍCULO PILOSO ..... 16**

2.2.1. Estructura Histológica..... 17

2.2.2. Vaina reticular externa (VRE) ..... 17

2.2.3. Vaina reticular interna (VRI) ..... 18

2.2.4. Formación de los folículos pilosos en alpacas ..... 19



2.2.5. Desarrollo individual de los folículos primarios y secundarios .....	20
2.2.6. Desarrollo de las estructuras accesorias al folículo piloso.....	20
<b>2.3. MEDIDAS DE CALIDAD DE LA FIBRA .....</b>	<b>22</b>
2.3.1. Diámetro.....	22
2.3.2. Factor confort .....	25
2.3.3. Longitud de mecha .....	26
2.3.4. Peso de vellón .....	27
<b>2.4. ANTECEDENTES .....</b>	<b>28</b>
2.4.1. Densidad folicular .....	28
2.4.2. Diámetro.....	29
2.4.3. Factor confort .....	33
2.4.4. Longitud de mecha .....	37
2.4.5. Peso de vellón .....	41
<b>2.5. CORRELACIONES.....</b>	<b>43</b>

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

<b>3.1. LUGAR DE ESTUDIO.....</b>	<b>45</b>
<b>3.2. FORRAJE .....</b>	<b>45</b>
<b>3.3. MATERIAL DE ESTUDIO .....</b>	<b>46</b>
3.3.1. Materiales y equipos .....	46
<b>3.4. PROCEDIMIENTO.....</b>	<b>47</b>
3.4.1. Alimentación .....	47
3.4.2. Obtención de la muestra de fibra .....	47
3.4.3. Procedimiento histológico.....	48
3.4.4. Medición del diámetro de fibra .....	49



3.4.5. Medición del factor confort y longitud de mecha .....	50
3.4.6. Determinación de peso del vellón .....	50
3.4.7. Determinación de numero de folículos pilosos .....	51
<b>3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....</b>	<b>51</b>
3.5.1. Análisis de variancia. ....	51
3.5.2. Análisis de correlación .....	52
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
<b>4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA PIEL.....</b>	<b>53</b>
4.1.1. Folículo piloso.....	53
<b>4.2. CARACTERÍSTICAS TEXTILES DE LA FIBRA.....</b>	<b>54</b>
4.2.1. Diámetro de fibra .....	54
4.2.2. Factor confort .....	56
4.2.3. Longitud de mecha.....	57
4.2.4. Peso de vellón .....	59
<b>4.3. CORRELACIONES ENTRE VARIABLES .....</b>	<b>61</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>65</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>66</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>76</b>

**ÁREA:** Producción de Camélidos Sudamericanos.

**TEMA:** Relación entre densidad de vellón, folículos pilosos y finura de fibra de alpaca.

**FECHA DE SUSTENTACION: 08 de agosto de 2022**



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Correlación entre número folículo y diámetro de fibra.....	61
Figura 2.	Correlación entre número folículo y factor confort. ....	62
Figura 3.	Correlación entre número folículo y longitud de fibra.....	62
Figura 4.	Correlación entre número folículo y peso del vellón. ....	63
Figura 5.	Alpacas Huacaya para el muestreo de fibra en el C.E. la Raya. ....	82
Figura 6.	Toma de biopsia de piel en el costillar medio del animal. ....	82
Figura 7.	Obtención de muestras de fibra. ....	83
Figura 8.	Identificación y rotulado de muestra de fibra.....	83
Figura 9.	Registro de datos como arete del animal y otros.....	84
Figura 10.	Muestras recolectadas de fibra para el envío a PECSA. ....	84
Figura 11.	Equipo de OFDA 2000 del Proyecto Especial Camélidos Sudamericanos PECSA Región Puno.....	85
Figura 12.	Calibración del equipo OFDA con el slide usando patrones de fibra de poliéster estándar para fibra de alpaca. ....	85



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Distribución de alpacas Huacaya para el estudio.....	46
Tabla 2.	Número de folículos pilosos (densidad) en piel de alpaca Huacaya según sexo. .....	53
Tabla 3.	ANVA Para folículo piloso en alpacas ce la raya.....	76
Tabla 4.	ANVA Para diámetro de fibra en alpacas ce la raya.....	77
Tabla 5.	ANVA Para factor de confort en alpacas ce la raya. ....	78
Tabla 6.	ANVA Para longitud en alpacas ce la raya.....	79
Tabla 7.	ANVA Para peso vellón en alpacas ce la raya.....	80
Tabla 8.	Correlaciones entre variables.....	81





## ÍNDICE DE ACRONIMOS

PECSA	: Proyecto Especial Camélidos Sudamericanos.
CE	: Centro Experimental.
CS	: Camélidos Sudamericanos.
DF	: Diámetro de Fibra.
FS	: Folículo secundario.
FAO	: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura.
FP	: Folículo primario.
G	: Gramo.
r	: Correlación
R <sup>2</sup>	: Coeficiente de determinación
CV	: Coeficiente de variabilidad.
LM	: Longitud de mecha.
PVe	: Peso del vellón
mm	: Milímetro.
mμ	: Micrómetros
μ	: Micras
OFDA	: Analizador óptico de diámetro de fibras.
UNA	: Universidad Nacional del Altiplano
FMVZ	: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
SAS	: Sistema de Análisis Estadístico
P≤0.05	: Existe diferencia significativa al 95%
P≤0.01	: Existe diferencia altamente significativa al 99%
P≥0.05	: No existe diferencia significativa al 95%



## RESUMEN

Con el objetivo de determinar el número de folículos pilosos en la piel, correlacionado con: diámetro de fibra, factor confort, longitud de mecha y peso vellón. Se utilizó 100 alpacas Huacaya del C.E. La Raya – UNA – Puno, de 1 año de edad, distribuidos en 50 machos y 50 hembras, y dentro de ellas 25 animales con alta densidad de vellón y 25 con baja densidad. El muestreo de fibra fue durante la esquila de la región del costillar medio del animal, en una cantidad de 7g de fibra. Las variables de medición fueron realizadas en laboratorio de fibras del Proyecto Especial Camélidos Sudamericanos (PECSA). Para el conteo de folículos se hizo biopsia de piel, sometidos al proceso de coloración de hematoxilina y eosina en laboratorio de histología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Para interpretar los resultados se utilizó Diseño Completamente al Azar, bajo Arreglo Factorial: 2 x 2 y a través de correlación simple. Alpacas con densidad alta mostraron  $29,54 \pm 1,01$ , las de densidad baja  $27,30 \pm 1,09$  folículos/mm<sup>2</sup> de piel ( $p < 0.05$ ); Las hembras reflejaron valores de  $32,02 \pm 1,39$ , comparado a los machos que registra  $28,82 \pm 0,71$  folículos/mm<sup>2</sup> de piel ( $p < 0.05$ ). Alpacas con densidad alta muestran  $18,75 \pm 0,33\mu$  y las de densidad baja  $19,54 \pm 0,38 \mu$  ( $p < 0.05$ ); en hembras  $18,77 \pm 0,35$  y en machos  $19,52 \pm 0,36 \mu$  ( $p < 0.05$ ). Las alpacas con densidad alta y baja muestran similares valores de  $96,66 \pm 0,58$  y  $95,79 \pm 0,56$  %, de factor confort ( $p > 0.05$ ), en ambos sexos ( $p > 0.05$ ). La longitud de mecha tuvo un promedio de 11.10cm y no hubo diferencias por efecto densidad ni sexo. El peso del vellón de alpacas de alta densidad fue  $1,78 \pm 0,06$  kg y los de baja densidad de  $1,47 \pm 0,06$  kg., ( $p < 0.05$ ); siendo similares en machos y hembras. El grado de asociación entre el número de folículos pilosos con diámetro de fibra, factor de confort, longitud de fibra y peso del vellón fueron = - 0,19; 0,08; - 0,13 y 0,29 con coeficientes de determinación de 3,61; 0,64; 1,69 y 8,41 %.

**PALABRAS CLAVES:** Alpaca, fibra, Correlaciones, Folículo piloso.



## ABSTRACT

In order to determine the number of hair follicles in the skin correlated with: fiber diameter, comfort factor, wick length and fleece weight. 100 Huacaya alpacas from C.E. La Raya – UNA – Puno, 1 year old, distributed in 50 males and 50 females, and within them 25 animals with high fleece density and 25 with low density. The fiber sampling was during the shearing of the region of the middle rib of the animal, in an amount of 7g of fiber. The measurement variables were carried out in the fiber laboratory of the South American Camelids Special Project (PECSA). For the counting of follicles, a skin biopsy was performed, subjected to the hematoxylin and eosin staining process in the histology laboratory of the Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics. To interpret the results, a Completely Random Design was used, under Factorial Arrangement: 2 x 2 and through simple correlation. Alpacas with high density showed  $29.54 \pm 1.01$ , those with low density  $27.30 \pm 1.09$  follicles/mm<sup>2</sup> of skin ( $p < 0.05$ ); The females reflected values of  $32.02 \pm 1.39$ , compared to the males that registered  $28.82 \pm 0.71$  follicles/mm<sup>2</sup> of skin ( $p < 0.05$ ). Alpacas with high density show  $18.75 \pm 0.33\mu$  and those with low density  $19.54 \pm 0.38\mu$  ( $p < 0.05$ ); in females  $18.77 \pm 0.35$  and in males  $19.52 \pm 0.36 \mu$  ( $p < 0.05$ ). The alpacas with high and low density show similar values of  $96.66 \pm 0.58$  and  $95.79 \pm 0.56\%$ , comfort factor ( $p > 0.05$ ) and in both sexes ( $p > 0.05$ ). The wick length had an average of 11.10 cm and there were no differences due to density or gender effect. The weight of the high-density alpaca fleece was  $1.78 \pm 0.06$  kg and the low-density ones  $1.47 \pm 0.06$  kg., ( $p < 0.05$ ); being similar in males and females. The degree of association between the number of hair follicles with fiber diameter, comfort factor, fiber length and fleece weight were = -0.19; 0.08; - 0.13 and 0.29 with determination coefficients of 3.61; 0.64; 1.69 and 8.41%.

**Keywords:** alpaca, fiber, correlations, hair follicle.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La crianza de alpacas por su producción de fibra, percibida cada vez como una fibra de apreciada por la industria textil en el extranjero, siendo el Perú el principal exportador de este producto, así en los años de 1950 a 1985 cuando las alpacas estaban en manos de los hacendados, posteriormente empresas asociativas, la fibra de alpaca era considerada como las más fina (Solis, 1991).

Sin embargo, en la década de los años 1990, donde hubo exportación al extranjero de estos animales a través del Consejo Nacional de Camélidos Sudamericanos (CONACS), lo que ha trascendido que en los años siguientes se tenga un engrosamiento de la fibra de la alpaca atribuida a que los extranjeros se llevaron los mejores animales reproductores de alto valor genético (Carpio, 2001). Este nivel potencial de exportación se está vio afectado por el deterioro de la calidad de la fibra que se ofrece al mercado internacional y por otro lado a la escasa inversión en el sector de los productores de camélidos sudamericanos domésticos, en el tema de mejoramiento genético de la producción y productividad tanto por parte del estado como de las empresas privadas.

La densidad es importante para el criador ya que a mayor densidad mayor número de fibras, por consiguiente, mayor peso de vellón (Sumar, 1998). Un folículo piloso se forma por el crecimiento de células de la epidermis y la membrana basal en el interior de la dermis o tejido subcutáneo (Banks, 1993; Fowler, 1997). La invaginación del epitelio epidermal forma un canal y las células que lo rodean se diferencian en varias capas que envuelven a la raíz del pelo (Calhoun, 1896).

A la actualidad existe solicitud de parte de los extranjeros, una producción de fibra fina para la confección de vestidos de calidad y en retribución estarán pagando mejores



precios. Por las razones arriba expuestas, existe la urgente necesidad de iniciar con los estudios inherentes a la finura de fibra relacionado a su densidad, folículos pilosos, largo de mecha en vellón de alpacas, cuyos resultados serán de utilidad para los criadores, ya que permitirá deducir con criterio cuando se observa a simple vista animales con buena densidad, desde la edad juvenil. Por todo lo manifestado es necesario investigar las variables en alpacas Huacaya, para que los conocimientos hallados se incluyan en programas de mejoramiento genético. Por tal virtud en el estudio se planteó los siguientes objetivos:

## **1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1.1. Objetivo general**

- Determinar la densidad de vellón en relación al número de folículos pilosos por área corporal, finura de fibra, factor confort, longitud de mecha y peso de vellón.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Determinar el diámetro, factor de confort, longitud de mecha y peso del vellón en alpacas Huacaya.
- Determinar el grado de asociación del número de folículos pilosos con diámetro de fibra, factor de confort, longitud de mecha y peso del vellón en alpacas Huacaya.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. MARCO TEÓRICO

##### 2.1.1. Fibra de alpaca

La conversión celular en el bulbo del folículo conduce a la creación de fibras ascendentes y a la diferenciación de 5 capas concéntricas de células: La capa de Henle, la capa de Huxley, la cutícula de la vaina interior de la raíz, la cutícula de la fibra y las células corticales. La fibra es una formación proteica, lo que significa que, para ser una estructura sólida, esta depende de la salud del animal durante el periodo entre esquilas. Generalmente, las fibras de alpaca técnicamente están compuestas de una proteína compleja llamada queratina (Hoffman y Fowler, 1995).

La uniformidad es una característica del vellón de alpaca que consiste en encontrar y observar un mismo grado de finura, densidad y rizo de las fibras, en las diferentes áreas del vellón (Huayta, 2016)(Nina Escobar, 2017). El rizo es una característica de la fibra de las alpacas Huacaya y son ondulaciones muy pequeñas que se presentan a lo largo de la fibra; mientras la fibra de la alpaca raza Suri tiene un mayor crecimiento longitudinal presentando rulos, la cual consiste en contorsiones independientes a lo largo de la fibra (Taipe, 2018).

##### 2.1.2. Medida de la calidad de fibra

Existen cuatro instrumentos y métodos para la medición de fibra, como el Microscopio de Proyección (Davison, 2004), el analizador de finura de distribución de fibra, flujo de aire (Airflow), escaneo laser (Laserscan) y el Analizador Óptico de



Diámetro de Fibra (OFDA), sin embargo, los instrumentos más utilizados actualmente son el OFDA y Laserscan (Sirolan). Los métodos de prueba son aprobados por la Organización Internacional de exámenes de Lana (International Wool Testing Organization) (IWTO) y la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (American Society for Testing and Materials) (ASTM) y se llevan a cabo en laboratorios bajo condiciones estándar de prueba para la industria textil, es decir, 21°C y una humedad relativa del 65%  $\pm$ 2% (McColl, 2004).

### **2.1.3. Analizador óptico del diámetro de fibra (OFDA)**

El OFDA 2000 mide las dimensiones de fibras crudas (grasientos y sucios) y luego utiliza un factor de corrección de la constante (dentro de una muestra) para estimar las verdaderas dimensiones (Huayta, 2016). Este factor de corrección se mide y se calcula sobre el terreno y por lo general en promedio de 30 muestras. Desde la limpieza de cada muestra la medida es diferente, esta práctica limita la precisión de las mediciones individuales (Taípe, 2018). Asimismo, tiene un compensador incorporado para la temperatura y la humedad relativa que se ajusta para el aire del medio ambiente en el lugar de pruebas, por lo tanto, sólo se puede utilizar adecuadamente en las muestras que se han dado tiempo para alcanzar el equilibrio con el aire del medio ambiente, el OFDA 2000 no es adecuado para el ensayo, ya que las muestras crudas de diferentes zonas del país, contienen cantidades variables de humedad que afectan al diámetro de la fibra (Huayta, 2016). Además, no sería posible utilizar un factor de corrección de grasa adecuada (Taípe, 2018). La única manera de probar con precisión de la fibra u otras fibras de origen animal es para las muestras que se lavan, se secan, y se acondicionaron en condiciones estándar de ensayo para textiles, un requisito en todo el mundo (Hansford *et al.*, 2002).



El OFDA 2000 prueba menos de 100 fibras (que depende del diámetro de la fibra y la longitud) desde la punta hacia la base de incrementos de cinco milímetros para un total de cerca de 1,500 mediciones (Huayta, 2016). Se produce un perfil de fibra que refleja el envejecimiento, el estado de salud/producción, y las condiciones ambientales en que el animal fue sometido durante el crecimiento de esa longitud de fibra en particular (Davison, 2004). En cada lectura se obtiene el diámetro de fibra, desviación estándar, índice de curvatura, factor de confort y finalmente un histograma con las observaciones señaladas. El OFDA 2000 es un instrumento que permite medir las características de la fibra a lo largo de las mechas sucias en tiempo real (Baxter, y Cottle, 2002).

## **2.2. HISTOLOGÍA DEL FOLÍCULO PILOSO**

Un folículo piloso se forma por el crecimiento de células de la epidermis y la membrana basal en el interior de la dermis o tejido subcutáneo (Banks, 1993; Fowler, 1997). La invaginación del epitelio epidermal forma un canal y las células que lo rodean se diferencian en varias capas u hojas que envuelven a la raíz del pelo (Calhoun, 1986). Desde un punto de vista anatómico, el folículo piloso se divide en tres segmentos, los cuales son el infundíbulo o porción superficial, el istmo o segmento central y el segmento inferior o bulbo piloso (Gasquez, 2004).

El folículo piloso termina a manera de un cono llamado el bulbo piloso, el cual se encuentra delimitado a la papila dérmica (Banks, 1993). La cual es un tejido de tipo conectivo altamente vascularizado ubicado en la base del folículo piloso y se encuentra rodeado y envuelto por las células de la matriz del pelo que a su vez se encuentran formados por queratinocitos basales y lanocitos. Asimismo, estas células pueden compararse con las células germinales de la epidermis y dan lugar a las células que si queratinizan para formar el pelo, sin embargo, difieren en cuanto a su actividad de





producción de queratina, debido a que las células matrices producen una especie de queratina rica en aminoácidos sulfurados que se caracteriza por ser una queratina dura y adherente (Gasquez 2004).

En camélidos, el folículo tiene origen en la dermis y en la mayoría de los casos oblicuamente direccionada. Está marcada angulación de los folículos pilosos ha sido reportada como una característica de los camélidos a fin de proporcionarles aislamiento y protección bajo extremas condiciones ambientales (Altee, et al., 1997).

### **2.2.1. Estructura Histológica**

El folículo piloso está compuesto por numerosas capas que se disponen ordenadamente las vaina de tejido conectivo: la vaina radicular externa está rodeado por dos prominentes estructuras (Badajoz, 2007):

- Una membrana basal o membrana vítrea, que delimita el tejido conjuntivo del epitelio folicular
- vaina radicular fibrosa que consta de una capa de tejido conectivo denso (Gasquez, 2004; Scott et al., 2002; Banks;1993).

### **2.2.2. Vaina reticular externa (VRE)**

Está formado por varias capas de células similares a las del estrato espinoso de la epidermis, con el que se continua en la parte superficial del folículo, alcanzando su máximo espesor cerca de la epidermis y disminuyendo gradualmente hacia el bulbo piloso (Gasquez,2004; Banks 1993; Calhoun,1986). En la parte inferior, desde el istmo del folículo piloso hasta el pelo, las células poseen citoplasma vacuolizada al realizar los cortes histológicos convencionales debiéndose a la acumulación excesiva de glucógeno sin sufrir proceso de queratinización. En la porción media del folículo piloso, el istmo y la vaina reticular externa (VRE) ya no está cubierta por la vaina reticular interna (VRI) y sus células sufren proceso de queratinización. En la porción superior del folículo piloso,

el infundíbulo, las células de la vaina radicular externa inician un proceso de queratinización de manera similar a la que ocurre en la epidermis superficial (Gasquez, 2004., Scott et al., 2002; Calhoun, 1986).

### 2.2.3. Vaina reticular interna (VRI)

Capa más interna cercana a la raíz del pelo y que constituyendo una envoltura protectora. A su vez, está formada por tres sub capas concéntricas; de las células aplanadas con o sin gránulos citoplasmáticos eosinófilos de trichialina (Scott et al 2002; Banks, 1993) las cuales son:

- **Capa de Henle:** es la capa más externa que tiene una única capa de células queratinizadas enucleadas (Gasquez 2004; Scott et al., 2002; Calhoun, 1986).
- **Capa media de Huxley:** integrada por una a tres capas de células nucleadas con gránulos intracitoplasmáticas eosinófilas proteicos de trichialina (Gasquez 2004; Scott et al., 2002; Slobodan y Snezana,1998).
- **Capa cuticular:** es una sola capa de células queratinizadas que se interdigitan con las células cornificadas de la cutícula del pelo fibra, salvo que los bordes se orientan en dirección opuesta o hacia el bulbo del pelo, esta disposición se produce por la sólida implantación de la raíz del pelo en el folículo piloso (Scott et al., 2002; Banks, 1993).

La VRI se queratiniza y desintegra al alcanza el nivel del istmo folicular. La función primaria de la VRI es moldear el pelo dentro de ella, lo cual se logra mediante el endurecimiento previo del pelo (Scott et al., 2002). En las alpacas la VRE contiene todas las características epidérmicas de una piel delgada, adelgazándose en la parte más profunda del folículo, a nivel del bulbo piloso no contiene las capas superficiales de la epidermis. Por otro lado, la capa de Huxley no presenta las características de los llamados gránulos trichialinos lo que la hace diferente de otras especies (Tapia, M. 1999).



#### 2.2.4. Formación de los folículos pilosos en alpacas

La fibra en proceso de formación está recubierta por una estructura llamada folículo piloso, estos folículos revisten casi todo el espacio de la dermis y cuenta, en su parte inferior, con un ensanchamiento que representa el bulbo piloso, el cual tiene una papila de tejido conectivo con numerosos capilares, esta papila se invagina en la profundidad del bulbo constituyendo una zona muy notable y el bulbo colinda con este tejido capilar de la papila por una capa de células de forma alargada en la que se ven imágenes mitóticas (Siña, 2012).

Los folículos alpinos, por su composición, se clasifican en dos clases: simples y compuestos. Los folículos simples constan de una única fibra con un diámetro relativamente amplio, con una médula infaltable y están asociados a una glándula sudorípara, que en unos casos puede dar lugar al folículo en otros, emerge libremente y han sido delimitados como folículos primarios unitarios. Los folículos complejos están formados por varias capas foliculares de diferente tipo y grosor, envueltas por un tejido conectivo denso. Estos folículos están comprimidos y, en la zona superficial, se mezclan entre sí y su emergencia es única, este folículo compuesto toma el nido folicular, con un folículo primario y varios folículos secundarios; el folículo primario (FP) es el de mayor tamaño y diámetro, y se relaciona con la glándula sebácea, la glándula sudorípara y el músculo piloerector (Siña, 2012).

EL FP no está rodeado completamente por folículos secundarios (FS), sino que se localiza a un lado de ellos. Los FS son de menor diámetro y con frecuencia van acompañados de glándulas sudoríparas (Bustinza, 2001). El folículo piloso inicia su formación entre los 90 y 147 días después de la concepción y la mayor producción se da entre los 187 a 214 días de gestación. El desarrollo de los FSO se observa a partir del día



187 y el desarrollo de los FSD se produce a los 264 días de gestación (Yi, 1995). Cabe resaltar que la maduración folicular solo alcanza el 75% (Bustinza, 2001).

### **2.2.5. Desarrollo individual de los folículos primarios y secundarios**

Los primeros folículos que se forman son los folículos primarios tanto en ovinos como en alpacas (Yi, 1995). En las alpacas, la mayor parte de ellas tienen un desarrollo en forma de yemas peludas, constituidas por células cilíndricas basales que se van ampliando y uniendo unas a otras a los 90 días más o menos continúan hasta los 147 días de gestación. (Badajoz, 2007). Posteriormente aparece dos folículos continúa creciendo logrando formar su propia canal piloso por donde emergen la fibra, siendo el mayor periodo de crecimiento entre los 187 y 214 días de gestación (Yi, 1995; Mamani, 2009). La conformación de los folículos secundarios se inicia a los 187 días de gestación, los mismos se encuentran en el cuello del folículo primario como grupos celulares que no poseen diferencias claras y luego de los 264 días de gestación se aprecia que el folículo secundario no posee un canal propio por lo que la fibra secundaria surge a lo largo del canal del folículo primario (Badajoz, 2007). La mayoría de folículos secundarios empieza a producir fibra a los 343 días de gestación (Yi, 1995).

### **2.2.6. Desarrollo de las estructuras accesorias al folículo piloso**

Glándulas sebáceas: Son glándulas alveolares simples, diversificadas o compuestas, extendidas por toda la piel, que liberan su sustancia de secreción de carácter halocrino (Badajoz, 2007). Se origina de la vaina externa de la raíz del folículo piloso e invaden la dermis (Scott, et al., 2002; Calhon, 1986). Estas glándulas se encuentran al lado de los folículos pilosos, por sobre la inserción del músculo erector del pelo, y su conducto se abre en el canal folicular que rodea el tallo piloso (Badajoz, 2007). Constan de varios lóbulos de pequeño tamaño formados por acinos alargados bastante grandes que



desembocan mediante un conducto dentro del canal pilosa a nivel del infundíbulo (Gazquez., 2004; Scott, et al., 2002).

Las glándulas sebáceas son generalmente uní o bilobuladas y empiezan su desarrollo en las alpacas alrededor del folículo primario y del folículo secundario a los 147 días de gestación aproximadamente (Yi, 1995). En las alpacas adultas, a la mayoría de los folículos tanto primarios como secundarios, desemboca una glándula sebácea y su desembocadura se produce a nivel del denominado cuello del folículo, distribuyéndose de manera bilobulada o trilobulada con respecto al folículo primario (Tapia, M. 1999). Otros estudios indican una escasa presencia de glándulas sebáceas en alpacas adultas de la raza Huacaya (Gaitán, 1967).

- Glándulas sudoríparas: Son estructuras enrolladas en forma de tubos. Existen dos tipos de clasificación de acuerdo a la localización anatómica de su conducto: Epitrichiales y Atriquiales (Scott et al., 2002; Banks, 1993).
- Las glándulas epitrichiales, denominación que se utiliza para denominar a la glándula sudorípara que se abre en el folículo piloso ( llamada originalmente glándula apocrina), son las más numerosas en los mamíferos domésticos y generalmente son tubulares espirales así como saculares, con una porción secretora enrollada y un conducto lineal y se extienden por toda la piel con pelo (Badajoz, 2007). Se localiza por debajo de las glándulas sebáceas y por lo general su conducto excretor desemboca a nivel del istmo del canal folicular, por encima del conducto sebáceo por lo que también recibe el nombre de glándulas sudoríparas peritrichiales (Gasquez, 2004; Scott et al., 2002). Con mayor frecuencia el conducto



sudoríparo atraviesa la epidermis del folículo piloso inmediatamente antes que se abra en la superficie de la piel (Calhoun, 1986).

- Las glándulas atriquiales son aquellas glándulas sudoríparas cuyo conductor se abre dentro de la superficie de la piel a nivel Inter folicular. Son glándulas tubulares simples contorneados presentes solo en las almohadillas plantares, son de pequeño tamaño y se localizan en la dermis profunda y en el tejido subcutáneo (Gasquez., 2004; Scott et al., 2002; Calhoun, 1986). En las alpacas las glándulas sudoríparas empiezan su desarrollo aproximadamente después de los 187 días de gestación (YI, 1995). Estudios en llamas revelan que el conducto de la glándula sudorípara se abre dentro del infundíbulo folicular del pelo primario de una forma epitriquial cerca del ostium folicular (Altee et al., 1997).
- Musculo pilo erector: Está formado por haces de fibras musculares lisas que se insertan en la vaina del tejido conjuntivo del folículo piloso y se extienden hasta la epidermis, donde se fija a la capa superficial de la piel (Banks, 1993; Calhoun, 1986; Rodríguez, 2006).

## **2.3. MEDIDAS DE CALIDAD DE LA FIBRA**

### **2.3.1. Diámetro**

Se refiere al diámetro que existe cuando la fibra se corta transversalmente, se mide en micras. El diámetro de fibra es ampliamente reconocido como una característica más importante de la fibra (Lee *et al.*, 2001). En consecuencia, las fibras más finas pueden ser transformados en hilos de tal manera que sea útil para la confección de una gran variedad de productos textiles; con las fibras más finas se pueden confeccionar tejidos lujosos con peso ligero (Ramos, 2018). Paradójicamente, las fibras gruesas son particularmente



adecuados para la confección de productos textiles de menor lujo y se utilizan para la confección de alfombras, ropa de abrigo y frazadas (Poppi y McLennan, 2010).

El diámetro medio de fibra (DMF) del vellón esta expresado en micrómetros ( $\mu\text{m}$ ), lo cual define la finura (Gil, 2017). Este parámetro físico es considerado el principal criterio de selección en poblaciones de alpaca de todo el mundo, la clasificación de los vellones se basa principalmente en la finura, porque mejora la valoración al momento de la comercialización, evitar la información irrelevante que no contribuya al logro de los objetivos planteados (Quispe, 2010).

Las alpacas son apreciadas por su fibra, debido a su finura, suavidad, peso ligero, características de higroscopicidad, resistencia, elasticidad y colores naturales (García, 2018). Es más térmica que la lana de ovino, tiene menos posibilidad de producir alergias y contiene menos lanolina (Mueller, 2008). Para la evaluación de muestras de fibra se toma de la zona del costillar medio, debido a que se considera la zona más representativa para medir el diámetro de fibra en alpacas (Aylan Parker y McGregor, 2002), constituyéndose por lo tanto en un buen criterio de selección para realizar trabajos sobre el diámetro de fibra y del peso de vellón. Algunos investigadores sin embargo utilizan para caracterizar al vellón tres zonas de muestreo: paleta, costillar medio y grupa, lo cual incrementa la mano de obra y los costes de evaluación (Roque Gonzales & Valdez, 2018).

El diámetro de fibra está sujeto a variación, la misma que depende de las características genéticas, el medio ambiente de donde provienen y el color del vellón (Calle, 1982). Las variaciones en el diámetro son causadas también por cambios fisiológicos en el animal debido a la nutrición, gestación, lactación, destete o enfermedades, así como por factores tales como la edad, sexo, raza, temperatura, fotoperiodo, estrés, época del año, época de empadre, época de esquila, sanidad y otros factores característicos del medio ambiente alto andino (Solís, 1991).



Las hembras en los últimos tercios de la gestación con una condición y estado nutricional buenos tienen crías con un mayor peso al nacer y también con una mayor densidad folicular, lo que indicaría que cuanto mayor sea la densidad folicular, más finas son las fibras producidas (Vilca, 2022). La fibra proveniente de animales mal alimentados es menos resistente y más fina que la de animales con mejor alimentación (Flores, A. 2009).

En alpacas Huacaya de diez meses hasta 6 años de edad, el diámetro de fibra incrementa de 17.4 a 27.5  $\mu\text{m}$  (Del Carpio, 1989). Y durante los primeros meses de vida del animal el diámetro de fibra tiene un rango de 21 a 23  $\mu\text{m}$  y luego se incrementa de 25 a 27  $\mu\text{m}$  y finalmente desciende de 21 a 22  $\mu\text{m}$  (McGregor, 2006).

En alpacas criadas en Huancavelica las variaciones del diámetro de fibra por edad son de 24.62  $\mu\text{m}$  para animales de dos años, 25.57  $\mu\text{m}$  tres años y 26.74  $\mu\text{m}$  en animales de cuatro años de edad (Pari Huaman, 2018). De igual manera en animales tuis el diámetro de fibra es de 20.75  $\mu\text{m}$  y en animales adultos es de 23  $\mu\text{m}$  (Quispe *et al.*, 2009).

En Australia en alpacas de dos a seis años de edad de ambos sexos de la raza Huacaya, menciona que el 10% de alpacas Huacaya, presentan un diámetro de 24  $\mu\text{m}$  y más del 50% están sobre los 29.9  $\mu\text{m}$  respectivamente (McGregor, 2006). El diámetro de fibra describe medidas ligeramente variables que asciende hasta los doce años de edad y a partir de esta edad sufre una disminución considerable hasta los catorce años de edad; al parecer la finura de fibra se ve afectada por la hipo nutrición en edades avanzadas (Bustinza, V., 2001).

Con respecto al diámetro de fibra resulta importante el trabajo de Lupton *et al.* (2006) quien analizó 585 muestras de vellón de alpacas norteamericanas de distintos sexos y edades, encontrando 26.7  $\mu\text{m}$  para hembras y 27.1  $\mu\text{m}$  para machos; con respecto a la edad, encontró valores de 24.3, 26.5 y 30.1  $\mu\text{m}$  para alpacas de 1, 2 y 3 o más años de





edad, respectivamente. Por otra parte, McGregor (2006) al estudiar alpacas criadas en Australia encontró que el 10% de alpacas Huacaya con diámetro medio de  $24\mu\text{m}$  y más del 50% que tenían  $29.9\mu\text{m}$ .

Además, Ponzoni *et al.* (2000) al analizar un programa de mejora genética para alpacas australianas refiere promedios de diámetro de fibra de  $25.7\mu\text{m}$  con un rango de  $23.4$  a  $27.3\mu\text{m}$ . En los trabajos más recientes en alpacas del sur de Perú (Cervantes *et al.*, 2010), en Apurímac (Vásquez *et al.*, 2015) en Huancavelica (Quispe, 2010).

### **2.3.2. Factor confort**

El factor de confort se define como el porcentaje de las fibras menores a 30 micras y se conoce también como factor de comodidad (McColl, 2004; Mueller, 2008), en contraste con el factor de confort es el factor de picazón, que describe el porcentaje de fibras con diámetros mayores a 30 micras (Bardsley, 1994; Baxter y Cottle, 1997; Wood, 2003). Las prendas confeccionadas con fibras finas son altamente confortables en cambio prendas confeccionadas con fibras mayores a 30 micras causan la sensación de picazón debido a que los extremos de la fibra que sobresalen desde la superficie de los hilos son relativamente gruesas; sin embargo, si estos hilos fueran más delgadas serían más flexibles y existiría menor probabilidad de que provoquen picazón en la piel, estos dos parámetros valoran los intercambios de sensaciones entre el cuerpo humano y la prenda de fibra ante las respuestas fisiológicas y sensoriales de las personas. (McColl, 2004; Mueller, 2008).

El factor de confort es un carácter no técnico de la fibra, está relacionado con el grado mayor o menor de confort que brindan las prendas fabricadas con fibra de alpaca sobre el usuario (Sacchero, 2008). Se sabe que mientras menor diámetro tiene las fibras, el confort es mayor. Al realizar estudios en alpacas criadas en Australia, obtuvieron un factor de confort de 75.49 % (Ponzoni *et al.*, 1999), mientras trabajando en alpacas



criados en Estados Unidos sobre la evaluación de las características de la fibra de alpaca Huacaya, con una muestra representativa de 585 animales se determinó un factor de confort de 73 % en machos y 70.6 % en hembras, animales de un año mostraron 82.7%, dos años 74.7%, y mayores de tres años 58.6% (Lupton *et al.*, 2006).

En Huancavelica trabajando con 544 muestras de vellón de alpaca de color blanco provenientes de 8 comunidades, de distintas edades y sexos, se han encontrado valores de factor de picazón de 6,33% que correspondería a un factor de confort de 93,67%, el cual se considera como un buen factor acorde a los requerimientos de la industria textil (Quispe *et al.*, 2007).

El factor de confort probablemente esté relacionado con las fibras meduladas, en alpacas las fibras primarias son meduladas, mientras que las secundarias pueden ser meduladas y no meduladas. El promedio en animales jóvenes es más fino, con menor grado de medulación, y en las gruesas hay mayor presencia de médula; en llamas y alpacas, estos valores aumentan significativamente con la edad (McGregor *et al.*, 2006).

### **2.3.3. Longitud de mecha**

La zona de muestreo representativo para el caso de longitud de mecha en fibra de alpaca es el costillar medio, el crecimiento de la longitud de mecha desciende con el paso de los años siendo el promedio de 12.6cm en animales de 1 año, 12.15cm en animales de 2 años, 11.2cm entre 2 a 3 años y 10.4cm para 6 a 7 años de edad (Vilca, 2022). Por otro lado, la nutrición juega un rol importante en la formación y maduración folicular, así como en el crecimiento (longitud) y diámetro de la fibra; así mismo la falta de manejo reproductivo produce alta consanguinidad en alpacas y genera animales híbridos como el Huarizo, con una mala calidad de fibra atentando contra el mejoramiento genético (Flores, 2009). Por consiguiente, existen algunos de estos factores entre otros que perjudican la producción de fibra de mejor calidad, disminuyendo su valor comercial y ocasionando



importantes pérdidas económicas a los productores, sobre todo en las pequeñas comunidades alto andinas (Condorena, N. 1985).

#### **2.3.4. Peso de vellón**

Las mechas y fibras que cubre el cuerpo de las alpacas es considerado como vellón y cada raza tiene sus particularidades; y es considerado materia prima en la industria textil, los parámetros básicos que consideran se determinan en base a: raza, longitud de mecha, finura, color y peso vellón. El peso del vellón constituye una variable importante que es necesario tener en cuenta en programas de mejora genética de alpacas (Ponzoni *et al.*, 1999; Quispe *et al.*, 2009).

El vellón de la alpaca contiene 14% de humedad (baja condición estándar de 65% de humedad relativa y 20% °C de temperatura) 85% de fibra limpia y la diferencia constituye sustancias de origen glandular, como grasa, sudor, residuos de excoりaciones epidérmicas, impurezas del medio ambiente y materia vegetal (Villaroel, 1991).

En relación al sexo, se ha encontrado que los vellones de alpacas machos son más pesados que los de alpacas hembras (Wuliji *et al.*, 2000; Lupton *et al.*, 2006), lo cual se debería al incremento de la superficie corporal (Quispe *et al.*, 2009), aunque la influencia del sexo podría verse enmascarada por la gestación y la lactación de las hembras que reducirían la producción, como ocurre en las cabras.

Respecto a la alimentación, (Wuliji, 1993) indica que tiene un efecto positivo sobre el peso de la fibra de alpaca, lo cual también resulta confirmado por los hallazgos de quienes encontraron que el peso del vellón varía con los cambios en la alimentación, tanto en longitud como en diámetro de la fibra, manteniéndose relativamente constante la relación longitud: diámetro. Sin embargo, (Quispe *et al.*, 2009) encontraron que la relativa contribución de los incrementos en longitud y diámetro parece ser diferentes,



afectando más al peso de vellón sucio el incremento en longitud que el incremento en diámetro.

A medida que aumenta la edad, se incrementa el peso del vellón (Wuliji *et al.*, 2000). Las alpacas jóvenes producen vellones menos pesados que las adultas, por tener una menor superficie corporal (McGregor, 2006; Lupton *et al.*, 2006); pero, producen vellones con fibras más finas, debido a que las esquilas tienen el efecto de incrementar el funcionamiento folicular. Además (Quispe *et al.*, 2009) manifiestan, la producción de fibra expresada en peso de vellón para un determinado periodo de crecimiento (generalmente de un año) está influenciada por los factores de raza, sexo, localización y, especialmente por la edad de los animales.

## **2.4. ANTECEDENTES**

### **2.4.1. Densidad folicular**

Araoz y Málaga, (2019) indican en alpacas Huacaya de primera y segunda esquila la densidad folicular secundaria, diámetro de fibra, la longitud de mecha y finalmente el peso del vellón, determinando que la densidad de folículos secundarios en alpacas hembras de primera esquila fue 34.09 y en machos 36.08 folículos secundarios/mm<sup>2</sup> de piel, para la segunda esquila 31.51 y 31.78 folículos secundarios/mm<sup>2</sup> de piel. Mientras que para el peso de vellón para la primera esquila fue de  $1.55 \pm 0.41$  kg y para la segunda esquila fue superior  $2.37 \pm 0.42$  kg. El diámetro de fibra en alpacas machos y hembras en la primera esquila fue 17.27 y 17.18 $\mu$ , y para la segunda esquila 18.73 y 18.63  $\mu$ . Para la longitud de mecha en alpacas machos y hembras de la primera esquila fue 11.55 y 11.30 kg y en la segunda esquila 10.74 y 11.25cm. Y finalmente para la correlación entre la densidad folicular secundario para la primera y segunda esquila fue negativa y baja ( $r = -0.144$ ); y el grado de asociación de peso de vellón entre la primera y la segunda esquila fue positiva y baja ( $r = 0.196$ ).



#### 2.4.2. Diámetro

En un estudio en la provincia de Tarata - Tacna, obtuvo un promedio de  $22,45\mu$  en la Raza Huacaya y  $21,48\mu$  en la raza Suri respectivamente, la raza Huacaya posee fibras más gruesas que la raza Suri, observándose que el promedio de diámetro de fibra de la raza Suri de acuerdo a la edad es de  $19,45\ \mu\text{m}$  para animales de 1 año,  $22,27\ \mu\text{m}$  para 2 años,  $22,93\ \mu\text{m}$  para 3 años y  $22,08\ \mu\text{m}$  para animales 4 años de edad (Flores, 2009).

Con la finalidad de conocer la influencia de los estados de gestación y lactancia en el desempeño productivo en la fibra en alpacas de la granja experimental Pacamarca, se utilizaron 8648 registros de 1541 hembras y 366 machos de eco tipo Huacaya y 2 410 registros de 374 hembras y 132 machos de eco tipo Suri, pertenecientes a animales de 3 o más años de edad (Velarde, 2015). Los ecotipos Huacaya y Suri fueron analizados independientemente, todos los efectos incluidos en el modelo aparecieron como altamente significativos, siendo las diferencias pareadas menos significativas en Suri debido al menor número de registros (Calsin, 2017). La edad tuvo un efecto muy importante que aumentó  $3,71\ \mu\text{m}$  de 3 a 9 años en Huacaya y  $4,52\ \mu\text{m}$  en Suri (Garcia, 2019). Se encontró una diferencia de  $3,09\ \mu\text{m}$  en Huacaya y  $5,93\ \mu\text{m}$  en Suri entre las alpacas de color oscuro y blanco; estos resultados recomiendan modificar el modelo de evaluación genética ajustando el estado fisiológico de las hembras para aumentar la precisión de los valores de cría utilizados para seleccionar animales en el esquema de cría de la granja (Cervantes, *et al.*, 2010).

Las características textiles de la fibra de alpacas Huacaya procedentes de Corani, provincia de Carabaya del departamento de Puno, analizaron 240 muestras de fibra con el equipo OFDA 2000; los resultados del diámetro medio de fibra fue de  $19,60 \pm 2,09\ \mu\text{m}$ ;  $21,07 \pm 2,56\ \mu\text{m}$  y  $22,28 \pm 2,45\ \mu\text{m}$  en alpacas de 2, 3 y 4 años de edad,



respectivamente ( $P \leq 0,05$ ); para el efecto del factor sexo, los machos presentan un diámetro de fibra de  $21,28 \pm 2,55 \mu\text{m}$ , y las hembras de  $20,69 \pm 2,69 \mu\text{m}$  ( $P > 0,05$ ) (Ormachea *et al.*, 2015).

Una investigación en 203 alpacas de ocho comunidades de la región alto andina de Huancavelica reportan que más del 60% de las alpacas tuvieron el vellón con medias del diámetro de  $\leq 23 \mu\text{m}$ , lo cual corresponde a fibras de la mejor calidad, de acuerdo a la clasificación; y cerca del 4% tuvieron vellones de la calidad más baja (con medias de diámetro de fibra  $> 29 \mu\text{m}$ ); el diámetro medio de fibra fue de  $22,70 \pm 0,02 \mu\text{m}$ , variando de acuerdo a la edad, sexo y comunidad de origen (Montes *et al.*, 2008).

En un estudio se determinó el perfil de fibra de 585 muestras de vellón de alpacas norteamericanas de distintos sexos y edades, encontrando diámetros de fibra de  $27,70 \mu\text{m}$  en hembras y  $26,80 \mu\text{m}$  en machos, con un promedio de  $27,85 \pm 5,35 \mu\text{m}$ ; con respecto a la edad, encontró valores de  $24,30 \mu\text{m}$ ;  $26,50 \mu\text{m}$  y  $30,10 \mu\text{m}$  en alpacas de 1, 2 y 3 o más años de edad, respectivamente (Lupton *et al.*, 2006). Un reporte en Australia, indican en alpacas de la raza Huacaya y Suri el diámetro de fibra no afecta al peso de vellón, pero si el porcentaje de fibras meduladas aumenta con el incremento del diámetro de fibra que se relaciona con la edad ( $29$  a  $33 \mu\text{m}$ ), por consiguiente, aproximadamente el 10 % del total de alpacas Huacaya tienen un diámetro de fibra menor de  $24 \mu\text{m}$ , mientras en alpaca Suri el 14% tienen el diámetro de fibra menor a  $24 \mu\text{m}$  observando que ambas razas el 50% de los vellones tienen un diámetro de fibra mayor a  $29,9 \mu\text{m}$  (Calsin, 2017). La incidencia de fibra medulada muestra un incremento lineal de 10 a 60 % respecto al peso y el incremento en el promedio de diámetro de fibra de  $20$  a  $36 \mu\text{m}$  (Mc Gregor, 2006). Del mismo modo, al analizar un programa de mejora genética para alpacas australianas refiere promedios de diámetro de fibra de  $25,70 \mu\text{m}$  con valores extremos de  $23,40$  a  $27,30 \mu\text{m}$  (Ponzoni *et al.*, 1999).



Reportes indican que en alpacas de Huancavelica las variaciones de diámetro de fibra por edad son de 24.62  $\mu\text{m}$  para animales de 2 años, 25.57  $\mu\text{m}$  para 3 años y 26.74  $\mu\text{m}$  para animales 4 años de edad, mientras que alpacas tuis es de 20.75  $\mu\text{m}$  y 23  $\mu\text{m}$  para animales adultos (Quispe *et al.*, 2009).

Los resultados del diámetro de fibra del presente estudio supera al estudio de Checmapocco *et al* (2013) que para alpacas Suri de la Asociación de Urinsaya Puna del distrito de Nuñoa, Melgar - Puno, reporta diámetro promedio de fibra de  $18,44 \pm 2,25$   $\mu\text{m}$ , y por sexo de  $18,28 \pm 2,12$   $\mu\text{m}$  y  $18,61 \pm 2,36$   $\mu\text{m}$  en hembras y machos, respectivamente.

Asimismo, Ponzoni *et al.*, (1999) reporta valores superiores comparados a los valores obtenidos en el presente estudio al evaluar un programa de mejora genética para alpacas australianas 25.7  $\mu\text{m}$  con un rango de 23.4 $\mu\text{m}$  a 27.3 $\mu\text{m}$ ; igualmente, McGregor, (2006) al estudiar alpacas criadas en Australia encontró que el 10% de alpacas Huacaya presentan un diámetro medio de 24 $\mu\text{m}$  y más del 50% estaban en 29.9 $\mu\text{m}$ , por otra parte, Lupton, (2006) quien analizó 585 muestras de vellón de alpacas norteamericanas encontró un promedio de 26.83 $\mu\text{m}$ , los anteriores autores mencionados corresponden a trabajos realizados en alpacas de la raza Huacaya.

El estudio realizado por Roque y Ormachea (2018) que al determinar las características productivas y textiles de la fibra en alpacas Huacaya considerando la edad (2, 4 y 6 años), sexo y procedencia de muestras del fibra del costillar medio de dos comunidades del distrito de Ayaviri, Puno determinaron el diámetro, factor de confort, índice de curvatura y la finura al hilado, obteniendo para la edad  $21.22 \pm 1.79$ ,  $23.35 \pm 1.98$  y  $25.48 \pm 2.27$  para 2, 4 y 6 años respectivamente, para efecto sexo fue  $23.48 \pm 2.59$  y  $23.23 \pm 2.74$  para hembra y macho respectivamente.



Indican que para el promedio de fibra fue  $21.04 \pm 2.70 \mu\text{m}$ . En relación a la edad los resultados fueron  $19.86 \pm 2.31 \mu\text{m}$ ,  $21.02 \pm 2.62 \mu\text{m}$  y  $21.88 \pm 2.70 \mu\text{m}$ , para 2, 3 y 4 años de edad respectivamente y para el efecto sexo fue  $21.13 \pm 2.64 \mu\text{m}$  y  $20.62 \pm 2.95 \mu\text{m}$  para hembra y macho respectivamente (Flores, 2017). Mientras indican que el diámetro de fibra para las alpacas de la Provincia de Tarata, según el sexo es de  $23,03 \pm 4,16 \mu$  y  $21,24 \pm 3,44 \mu$  para hembras y machos respectivamente, evidenciándose que el sexo, influye sobre esta característica de importancia económica (Flores Gutierrez, 2009) .

Morante *et al.*, (2009) manifiesta que en la experiencia de Pacamarca para el trabajo de Mejoramiento genético para la producción de fibra de alpaca en el Altiplano peruano, se tiene en promedio el diámetro de fibra para alpacas de la raza Suri de  $24.47 \mu\text{m}$  y para la alpaca de la raza Huacaya es de  $22.82 \mu\text{m}$  y según efecto sexo se tiene  $23.34 \mu\text{m}$  y  $22.39 \mu\text{m}$  para hembras y machos respectivamente. Donde se analizaron conjuntamente cuatro rasgos de fibra (diámetro de fibra, coeficiente de variación, factor de confort y desviación estándar con seis rasgos de tipo calificados subjetivamente (densidad de vellón, rizo, estructura de bloqueo, cabeza, cobertura y equilibrio) en dos razas de alpaca del altiplano peruano (Suri y Huacaya) para determinar su relación genética, en el fundo experimental Pacamarca, donde el diámetro de fibra en promedio para alpacas de la raza Suri fue de  $24.73 \pm 5.01 \mu\text{m}$  (Cervantes, *et al.*, 2010).

Siguayro y Gutiérrez, (2010) registra un diámetro de fibra de  $17.86 \mu\text{m}$  y  $18.23 \mu\text{m}$  para machos y hembras respectivamente, así mismo, Vásquez *et al.*, (2015) encontró  $19.60 \pm 0.20 \mu\text{m}$  y  $20.10 \pm 0.20 \mu\text{m}$  para machos y hembras respectivamente.

Flores, (2017), encontró resultados similares al presente trabajo, es así que los machos tienen menor diámetro de fibra en relación a las hembras, así mismo, en relación al diámetro de fibra encontró similares resultados donde las alpacas de sexo macho tuvieron un resultado de  $20.62 \pm 2.95 \mu\text{m}$  y las alpacas hembras de  $21.13 \pm 2.64 \mu\text{m}$ .





Además, se puede manifestar que los resultados encontrados en el presente trabajo son inferiores a los resultados del trabajo en alpacas de raza Suri de Diaz (2014) y Ticlla, (2015) en alpacas de la raza Huacaya, cuyos diámetros de fibra son:  $19.59 \pm 2.10 \mu\text{m}$ ,  $19.61 \pm 2.13 \mu\text{m}$  y  $19.92 \pm 1.85 \mu\text{m}$ ,  $19.77 \pm 2.09 \mu\text{m}$  para machos y hembras respectivamente.

Lupton, (2006) analizó 585 muestras de vellón de alpacas norteamericanas de distintos sexos y edades, encontrando diámetros de fibra de  $26.7 \mu\text{m}$  para hembras y  $27.1 \mu\text{m}$  para machos; con respecto a la edad, encontró valores de  $24.3 \mu\text{m}$ ,  $26.5 \mu\text{m}$  y  $30.1 \mu\text{m}$  para alpacas de 1, 2 y 3 o más años de edad, respectivamente incrementa el grosor de la fibra.

#### **2.4.3. Factor confort**

En el sector Chocoaquilla, perteneciente a la comunidad Huaylluma distrito Macusani, se tomaron 180 muestras de fibra de alpacas Huacaya y Suri, los resultados muestran que el factor de confort presenta variaciones altamente significativas para el efecto raza, siendo en alpacas Suri de  $95,58 \pm 3,35 \%$  y Huacaya de  $98,76 \pm 1,85 \%$  (Diaz, 2014). En estudios realizados en la comunidad de Iscahuaca de la región de Apurímac, en puna seca entre 3 700 y 5 300 msnm, se tomaron 405 muestras de fibra de alpacas Huacaya antes de la esquila; los resultados mostraron un índice de confort (IC)  $98.7 \%$ ;  $97.2 \%$ ;  $95.2 \%$  y  $92.3 \%$  en alpacas diente de leche, dos dientes, cuatro dientes y boca llena, respectivamente (Vásquez *et al.*, 2015).

Al realizar estudios en alpacas criadas en Australia, obtiene un factor de picazón de  $44.42 \%$  y un índice de confort de  $55.58 \%$ . (McGregor, 2004), en estudio realizado en alpacas al sur de Australia muestran un índice de confort de  $75.49 \%$  (Ponzoni *et al.*, 1999), mientras que Lupton *et al.* (2006), Trabajó en alpacas criados en EE.UU. En alpacas Huacaya, se encontró un factor confort de  $68.39 \pm 25.05 \%$ , en alpacas hembras



69,50 % y machos de 72,60 % y según edad fue de 82,70 %, 74,10 % y 58,60 % en alpacas de 1, 2 y 3 años de edad, respectivamente.

En las comunidades de Quelccaya y Chimboya del distrito de Corani provincia de Carabaya, con alpacas Huacaya de color blanco indican que la variable factor de confort disminuye conforme se incrementa la edad del animal debido a que los parámetros del diámetro de fibra en alpacas se incrementan conforme avanza la edad, obteniendo los siguientes valores 97.50%, 95.85% y 93.43% en alpacas de 2, 3 y 4 años de edad respectivamente (García, 2019). De igual manera indican que los vellones de alpacas hembras brindan un mayor factor de confort debido a que presentan un menor diámetro de fibra en comparación con los machos obteniendo los siguientes resultados en alpacas hembras 96.19% y 94.99% en machos (Ramos, 2018). Sin embargo, la comunidad no influye en la variación del factor de confort (Ormachea *et al.*, 2015).

En el distrito de Ayaviri, provincia de Melgar Puno, trabajando con 120 alpacas Huacaya de color blanco considerando la edad (2, 4 y 6 años), sexo y procedencia, encontraron valores del factor de confort de 95.34%, 92.99%, 90.22% en alpacas de 2, 4 y 6 años respectivamente (Roque y Ormachea, 2018).

En Huancavelica en vellones de alpaca de color blanco, de distintas edades y sexos, encontraron valores de factor de picazón de  $6.33 \pm 0.30$  % que correspondería a un factor de confort de 93.67 %, el cual es un buen factor acorde a los requerimientos de la industria textil. Se sabe que mientras las fibras tienen menor diámetro el confort es mayor (Quispe *et al.*, 2009). Asimismo, se reportó una suficiente evidencia del efecto de la edad, año y comunidad sobre esta característica (Quispe, 2010). El cual se considera como un buen factor acorde a los requerimientos de la industria textil (Quispe *et al.*, 2007).

El factor de confort está relacionado con las fibras meduladas, las fibras primarias son meduladas y las fibras secundarias pueden ser meduladas y no meduladas. El



promedio en animales jóvenes es más fino, con menor grado de medulación, y en las gruesas hay mayor presencia de médula; en llamas y alpacas, estos valores aumentan significativamente con la edad (McGregor, 2006).

El factor de confort es un carácter no técnico de la fibra, está relacionado con el grado mayor o menor de confort que brindan las prendas fabricadas con fibra de alpaca sobre el usuario (Sacchero, 2008). Se sabe que mientras menor diámetro tiene las fibras, el confort es mayor (Gil, 2017).

La variación del índice de confort de los animales de 1 año de edad (93.91%) hasta los cuatro años de edad (67.14%) disminuye, y luego se torna constante en alpacas de cinco años de edad; esto indica que a mayor edad habrá mayor proporción relativa de pelos y se debería al comportamiento donde intervienen factores de carácter ambiental y de carácter genético (crecimiento y desarrollo del animal y las esquilas periódicas) en todo el periodo de vida del animal. Así también, son inferiores a los reportados por Flores *et al.* (2015).

Del mismo modo en el sector Chocomaquilla, perteneciente a la comunidad Huaylluma distrito Macusani, se tomaron 180 muestras de fibra de alpacas Huacaya y Suri, los resultados muestran que el factor de confort en alpacas Suri de 95,58 % y Huacaya de 98,76 % (Díaz, 2014). del mismo modo son inferiores a los reportes de Checmapocco *et al.* (2013) en alpacas Suri a la primera esquila reportando un factor de confort de 95,87 % y siendo de 96,01 % y 95,74 % en hembras y machos, respectivamente.

Los resultados obtenidos considerando la edad del animal fue mayor en animales de 1 año en comparación con alpacas de 9 años, estos resultados indican que la variable factor de confort (FC) disminuye conforme se incrementa la edad del animal, esta diferencia encontrada se atribuye debido a que los parámetros de diámetro de fibra en



alpacas se incrementan conforme avanza la edad, similares a los reportes de Ponzoni *et al.* (1999), McGregor (2006).

Asimismo, Quispe *et al.* (2007). Menciona que en la región de Huancavelica trabajando con 544 muestras de vellón de alpaca de color blanco provenientes de ocho comunidades, de distintas edades y sexos, se han encontrado valores de factor de picazón de  $6,33\% \pm 0,30\%$  que correspondería a un factor de confort de 93,67%, el cual se considera como un buen factor acorde a los requerimientos de la industria textil.

En un estudio realizado en alpacas al sur de Australia muestran un índice de confort de 75.49%, mientras que (Lupton *et al.*, 2006). Trabajando en alpacas criados en EE. UU sobre la evaluación de las características de la fibra de alpaca Huacaya, con una muestra representativa de 585 animales determinó un índice de confort de 68.39% (McGregor y Butler, 2004). Así mismo, al realizar estudios en alpacas criadas en Australia, obtiene un factor de picazón de 44.42% y un índice de confort de 55.58% (Sacchero, 2008).

Morante *et al.*, (2009) manifiesta que en la experiencia de Pacamarca para el trabajo de Mejoramiento genético para la producción de fibra de alpaca en el Altiplano peruano, se tiene en promedio el diámetro de fibra para alpacas de la raza Suri de 82.17% y para la alpaca de la raza Huacaya es de 89.03% y según efecto sexo se tiene 87.39% y 88.60% para hembras y machos respectivamente.

Ticlla, (2015) determinó las correlaciones fenotípicas entre el peso vellón sucio y parámetros tecnológicos en fibra de alpacas del Centro Experimental de Camélidos Sudamericanos Lachocc de la Universidad Nacional de Huancavelica, en animales de 1 año de edad y el factor de confort por efecto sexo se encontró 97.33% en machos y 97.37% en hembras.



Machaca *et al.* (2017), indica que con el objetivo de establecer el perfil de las principales características físicas de la fibra de alpaca y para su mejor comercialización y para fines de mejoramiento genético. Se hicieron mediciones de 145 muestras de colores blanco, intermedio y oscuro pertenecientes a alpacas de cinco comunidades del distrito de Cotaruse, Apurímac, cuyo promedio fue  $87.12 \pm 1.02\%$  para el color blanco y para efecto edad  $92.38 \pm 4.42\%$ ,  $92.02 \pm 4.14\%$ ,  $88.13 \pm 4.88\%$ , y  $86.45 \pm 3.21\%$  para diente de leche, 2 dietes, 4 dientes y boca llena respectivamente. Referente al efecto sexo fue  $87.41 \pm 3.39\%$  y  $91.23 \pm 2.66\%$  para macho y hembra respectivamente.

Los resultados son inferiores a los reportes de Quispe *et al.* (2009) quienes registran valores de 93,67 % de factor de confort en alpacas de color blanco, el cual se considera relativamente como un buen factor acorde a los requerimientos de la industria textil, se conoce que mientras las fibras tienen menor diámetro el factor de confort es mayor. Asimismo, se reporta suficiente evidencia del efecto de la edad, año y comunidad sobre esta característica tal como refiere Quispe (2010).

#### **2.4.4. Longitud de mecha**

Al evaluar la longitud de mecha en alpacas Huacayas de cuatro zonas alpaqueras de la región de Puno, encontró un promedio de 10,17 cm, para animales de 1 año de edad Zanabria (1989). Igualmente, (Marín, 2007) en su trabajo de investigación reportó un promedio de 9,25 cm, para alpacas Huacayas de 1 año de edad, de la SAIS Pachacutec en la Sierra Central, registró valores promedio de longitud de mecha, donde los machos obtuvieron un promedio de  $12,38 \pm 1,27$  cm; con un coeficiente de variabilidad de 10,27% y las hembras  $12,75 \pm 1,57$  cm, con un coeficiente de variabilidad de 12,31%, sin diferencia estadística ( $p > 0,05$ ) entre ambas medias.

El color no influye en la variación de la longitud de mecha registrando valores extremos de 116 a 111 mm de longitud de mecha entre colores LF (LFx, LFy, LFz), café



oscuro, café oscuro, café rojo, gris, café claro, negro y blanco (Choquehuanca, 2017). La longitud de mecha en las alpacas de la raza Huacaya presenta una relación directa entre la edad y longitud, es decir a mayor edad, mayor longitud, por lo que existe un incremento progresivo de la longitud hasta los 3 años y un descenso significativo al 4 año (Flores, 2009).

La longitud de mecha no estaría influenciada por el factor sexo ya que reportan en alpacas Huacaya, un promedio general de  $10.42 \pm 2.71\%$  cm, para el efecto sexo  $10.42 \pm 2.73$  cm y  $10.19 \pm 2.17$  cm para hembras y machos respectivamente, por lo que se podría suponer que esta variable no se ve afectada (Choquehuanca, 2017). Para el efecto edad, las alpacas de dos dientes poseen una mayor longitud con  $11,05 \pm 2,55$  en comparación de las alpacas con diente de leche que poseen la menor longitud de mecha  $8,78 \pm 1,45$  (Siña, 2013). Esto es debido al periodo de esquila bianual que realizan en la zona (Siña, 2012).

La longitud de mecha es la medida del largo de un año de crecimiento, este factor determina el destino en la industria. Ya sea para el peinado o cardado (Tapia, 1999); es un parámetro de importancia en la industria textil su determinación determina su operación de importancia practica en las distintas fases de la crianza, comerciales e industrialización (Villaroel, 1983). Se reporta en la CAP Huaycho un promedio de 13.50 cm de longitud de mecha a su vez se indica que hay mayor desarrollo en los primeros años de edad con 17.21 cm. para luego descender a los 2.3 y 4 años hasta 12.34 cm. 14.04 cm. y 11.81 cm. respectivamente.

Los promedios de longitud de mecha en el CIP La raya para tuis de 1 año en machos  $11.09 \pm 1.35$  cm y hembra  $11.12 \pm 1.39$  cm; tuis de 3 años en machos fue de  $9,36 \pm 1,25$  cm y hembra de  $10,03 \pm 1,54$  cm, las alpacas de ambos sexos no presentaron diferencias estadísticas, pero si existe aumento longitud de mecha en las hembras. Así



mismo, referente a la edad se encontró promedio de  $11,23 \pm 1,35$  cm y  $9,71 \pm 1,45$  cm para tuis de 1 y 2 años respectivamente (Zanabria, 1989).

La longitud de mecha se incrementa en los dos primeros años, disminuyendo fuertemente al tercer año de edad, pero posteriormente sigue decreciendo paulatinamente, siendo el promedio de 12,24 cm; 12,16 cm; 10,90 cm; 10,04 cm; 9,10 cm y 8,30 cm para 1, 2, 3, 4, 5 y 6 años de edad respectivamente (Bustinza, 2001).

Las alpacas machos en Quimsachata INIA Puno poseen mayor longitud de mecha de  $12.15 \pm 2.10$  cm que las hembras  $11.81 \pm 2.22$  cm las alpacas adultas 3.4 y 5 años tienen una menor longitud de mecha de 9.93 cm que las alpacas de 1 y 2 años de edad 14.24 cm. Para efecto color fueron similares al análisis estadístico ( $p \leq 0,05$ ) (Montesinos, 2000).

Existe poca información sobre la tasa de crecimiento de la longitud de fibra de alpaca Suri, especialmente durante el primer y segundo año de vida Quispe *et al.* (2016) quienes determinaron el crecimiento de fibra mensual de alpaca de dos genotipos (Suri y Huacaya) en los Andes Altos del Perú; el crecimiento de la longitud de fibra determinada a lo largo del año en alpacas Suri tuvo un crecimiento del 20 % mayor que en alpacas Huacaya, el crecimiento de alpacas Suri fue de 1.34 cm / mes.

La longitud de fibra constituye uno de los elementos básicos que determina el tipo de proceso industrial, existe una relación directa entre el diámetro y la longitud de fibra, a mayor longitud de fibra mayor diámetro, varía en función a la raza, en Huacaya es aproximadamente dos pulgadas más corta que en la Suri para un mismo periodo de crecimiento, el mayor crecimiento de la longitud de fibra en el CIP Chuquibambilla ( $4,06 \pm 0,37$  cm) respecto al CIP La Raya ( $3,94 \pm 0,33$  cm) se debe probablemente al factor alimentación; los elementos nutritivos que constituyen la alimentación son considerados como los de mayor influencia en la longitud de fibra (Calsin, 2017), se estima que el



crecimiento mensual de la fibra de alpaca es de 1 cm por mes tal como refiere Quispe *et al.* (2009).

La longitud de fibra del estudio son similares a alpacas de un año de edad en Australia reportada por McGregor (2006), indicando que la longitud de fibra de alpacas Suri fue 3,2 cm más largo que la alpaca de Huacaya; la diferencia aparente en la longitud de fibra entre Suri y Huacaya pueden estar relacionadas con la curvatura natural o fricción de fibra, dicho estudio indica que Lupton *et al.* (2006) encontraron una correlación negativa entre estos parámetros (diámetro y longitud) para alpacas en EE.UU., mientras que Wuliji *et al.* (2000) reportaron una correlación positiva en alpacas de Nueva Zelanda.

McGregor *et al.* (2011) en la región de Huancavelica en alpacas Huacaya hembras adultas determinaron una longitud de fibra de 91 mm, menor a la raza Suri tal como refiere Quispe *et al.* (2016), el patrón general fue una disminución marcado dorso-ventral en la longitud de fibra y una disminución en el cuello; en forma similar a los reportes de Wuliji *et al.* (2000) en alpacas estudiadas en las islas del sur de Nueva Zelanda considerando edad (1, 2 y 3 años), los promedios de la longitud de mecha fue de 9,9 cm, 12,2 cm y 12,6 cm, respectivamente. Así mismo, son superiores a los determinados en alpacas Huacaya blancas de 1 a 7 años de edad por Cordero *et al.* (2011), quienes reportan  $4,15 \pm 1,33$  pulgadas ( $10,54 \pm 3,38$  cm) de longitud de fibra, inferiores al presente estudio.

Quispe *et al.* (2016) determinaron el crecimiento de fibra mensual de alpaca de dos genotipos (Suri y Huacaya) y sexo (machos y hembras) en los Andes Altos del Perú, el perfil del crecimiento de la longitud de fibra fue determinada a lo largo del año y fue afectado por el mes; el crecimiento de longitud de fibra aumentó en cada uno de los tres primeros meses y luego mantuvo una tasa casi constante durante el resto del primer año; así mismo, en alpacas Suri y Huacaya se muestra un crecimiento de 3,96 cm entre los meses de enero a marzo, 3,09 cm entre abril a junio, 3,71 cm entre julio a setiembre y





3,85 cm de octubre a diciembre con diferencias estadística entre meses, similar comportamiento del crecimiento de fibra de alpacas Suri del presente estudio.

#### **2.4.5. Peso de vellón**

El peso de vellón de alpaca, varía según la raza, sexo y edad, esta reviste importancia por ser una característica altamente heredable permitiendo ser utilizado, en la selección fenotípica eficientemente, considerando la influencia de la densidad de vellón, longitud de mecha, finura y medio de crianza; donde para alpacas Huacaya registra  $1.86 \pm 0.49$  Kg y  $1.99 \pm 0.38$  kg; mientras en Suri  $2.05 \pm 0.48$  Kg y  $2.10 \pm 0.53$  kg, para machos y hembras, respectivamente (Solís, 1997).

En estudios reportan diferencias según edades, reportando así como en esquila anual de alpacas Huacaya machos de 1, 2, 3, 4, 5, 6 años de edad registran 1.12, 1.67, 2.12, 2.16, 2.35, 2.36 kg el peso vellón, y alpacas hembras de 1, 2, 3, 4 y 5 años registran 1.06, 1.55, 1.94, 2.05, 2.10 kg., en los dos primeras años de esquila hay un aumento evidente o mayor en cantidad de fibra producida, mientras del tercer año en adelante los incrementos son mínimos para las edades de cinco y seis años (Bravo, 1973). Los animales a mayor edad pesan más y producen vellones de mayor peso, debido al mayor desarrollo corporal, además el diámetro tiende a aumentar (Solís, 1997).

Así mismo, el peso vellón aumenta rápidamente a medida que aumenta su edad del animal alcanzando la máxima producción en los primeros cuatro años de su edad con 1.31 kg, 1.92 kg, 2.45 kg, y 2.51 kg, respectivamente, luego desciende lentamente, sin embargo, el peso vellón de las alpacas Huacaya machos fueron superiores 2.38 kg., respecto a las hembras 1.97 kg (Pinazo, 2000).

El peso vellón tiene un comportamiento diferente; dado que aumenta gradualmente hasta el tercer año y luego disminuye lentamente observándose los



siguientes promedios: 1.37 kg, 1.89 kg, y 2.15 kg, para uno, dos y tres años de edad (Bustinza 2001).

En Nueva Zelanda y Australia, Wuliji *et al.* (2000) y McGregor (2004) reportaron datos de peso de vellón de alpacas de 2.2 y de 2 a 3.3 Kg, respectivamente. Aunque casi se ha generalizado que la fibra de los vellones obtenidos de las alpacas en las comunidades campesinas peruanas tiene baja producción y calidad, es posible obtener una producción promedio bianual de 2.30 Kg. Sin embargo, bajo una cría medianamente tecnificada es posible obtener una producción anual de entre 2.1 a 2.3 Kg (Quispe *et al.*, 2009). Asimismo, refieren que el peso de vellón promedio por año para tres niveles tecnológicos, alto, medio y bajo, son del orden de 1.60, 1.40 y 1.20 kg, respectivamente.

Quispe *et al.* (2010) describieron la calidad de fibra de alpacas Huacaya producida en la región de Huancavelica (Perú), para lo cual utilizaron una muestra de 547 animales pertenecientes a ocho comunidades (Pastales Huando, Alto Andino, Pucapampa, Choclococha, Sallca, Santa Bárbara, Tukumachay y Carhuancho), donde midieron el peso de vellón sucio por medio de una balanza electrónica inmediatamente después de la esquila; encontrando que el peso de vellón promedio es de 2303.2 gr; distinguiéndose influencia significativa por la localidad y edad, mas no por el sexo. Dichos autores concluyen que el peso de vellón sucio es mayor al promedio general a nivel de la región de Huancavelica, considerando una crianza semi tecnificada a las localidades de estudio.

En el sur de Australia, McGregor (2004) estudió la producción y valores económicos relativos de las características de la fibra de alpacas, donde usaron un total de 1100 alpacas; donde obtuvieron el peso de vellón sucio que fue de 2.44 kg. McGregor menciona que la media del peso de vellón grasiento de las alpacas Huacaya no parece ser afectado por la media del diámetro de fibra; en cambio en el caso de alpaca suri el peso



de vellón grasiento incrementa cuando el diámetro de fibra alcanza los 29 a 33  $\mu\text{m}$  de diámetro, de lo contrario disminuye.

Wuliji *et al.* (2000) estudió el rendimiento de la producción, estimaron repetibilidad y heredabilidad para peso vivo, peso de vellón y características de la fibra; también obtuvo los valores del peso de vellón. Estos estudios fueron realizados en la Isla Sur de Nueva Zelanda. Los resultados obtenidos para peso de vellón grasiento fueron de 2.16 kg, 3.02 kg y 1.97 kg para alpacas adultas, tuis, y crías respectivamente; para peso de vellón limpio los resultados fueron de 2.03 kg, 2.94 kg y 1.84 kg para alpacas adultas, tuis y crías respectivamente. Los machos mostraron tener mayor peso de vellón que las hembras.

## 2.5. CORRELACIONES

Huayta, (2018), el distrito de Nuñoa, provincia de Melgar, Región Puno en alpacas hembras y machos de 1, 2, 3, 4 y más de 5 años, de raza Suri blanco encontraron para el diámetro de fibra promedio de  $21.53\mu\text{m}$ , 91.26% de factor de confort y  $19.52^\circ/\text{mm}$  de índice de curvatura. Los promedios para densidad, rulos, lustro, cabeza y cobertura, respectivamente fueron: 3.35, 3.47, 3.18, 3.51 y 3.49. Y Para el efecto de la edad sobre el diámetro de fibra fue  $18.71\mu\text{m}$ ,  $20.47\mu\text{m}$ ,  $21.92\mu\text{m}$ ,  $22.79\mu\text{m}$  y  $24.91\mu\text{m}$ , el Factor de confort fue 98.35%, 94.44%, 88.58%, 90.49% y 83.07%, mientras que para curvatura fue  $22.88^\circ/\text{mm}$ ,  $19.72^\circ/\text{mm}$ ,  $17.40^\circ/\text{mm}$ ,  $17.59^\circ/\text{mm}$  y  $16.97^\circ/\text{mm}$ , para alpacas de 1, 2, 3, 4 y más de 5.

Para el efecto del sexo sobre el diámetro de fibra fue  $21.98\mu\text{m}$ ,  $20.15\mu\text{m}$ , mientras que el factor de confort fue 90.33%, 94.12%, el índice de curvatura de  $19.18^\circ/\text{mm}$ ,  $20.59^\circ/\text{mm}$ , para hembra y macho respectivamente. Con una correlación alta y negativa de  $-0.93$  entre el diámetro de la fibra y el factor de confort, y para el diámetro de fibra y curvatura de  $-0.77$ , finalmente la curvatura de la fibra y factor de confort fue de



correlación mediana de 0.64.

En alpacas Huacaya de color blanco reportaron una correlación negativa de  $-0.4821$  observándose que las variables guardan una relación inversa (Ormachea *et al.*, 2013). Por otra parte reportan una correlación negativa y moderada entre el diámetro de fibra y el índice de curvatura ( $r = -0.68133$ ), de la misma manera una asociación negativa y alta entre el diámetro de fibra y factor de confort ( $r = -0.85871$ ), y finalmente para alpacas Suri existe una correlación negativa y alta entre diámetro de fibra y factor de confort ( $r = -0.88895$ ) (Díaz, 2014).



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LUGAR DE ESTUDIO

El estudio se realizó en los meses de octubre y noviembre del 2019 y 2020 en el Centro Experimental La Raya que se encuentra al pie del Nudo de Vilcanota, jurisdicción del distrito de Santa Rosa, provincia de Melgar, Región Puno; que está a una altitud que van desde 4,136 (zona baja) hasta los 5,470 msnm. (zona alta), las coordenadas geográficas de 14° 13' 33" latitud sur y a 70°57'12" longitud oeste; y registrándose temperaturas de 14.16°C como máximo en los meses de octubre y noviembre, y una mínima de -14.88°C en los meses de junio y julio; con una media de 6.20°C y una precipitación pluvial de 525.7 mm anuales (SENAMHI, 2018).

Las muestras de fibra de las alpacas Huacaya fueron enviadas al Laboratorio de Fibras del Proyecto Especial de Camélidos Sudamericanos (PECSA) de la Región – Puno para el análisis con el equipo OFDA 2000; mientras que las muestras de piel fue procesado en el Laboratorio de Histología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNA – Puno.

#### 3.2. FORRAJE

En el C.E. La Raya tiene disponibilidad de forraje en forma de pastos naturales predominantes que son los siguientes:

- Gramíneas: *Calamagrostis vicunarum* (Ñapha pastos), *Festuca dolichopyla* (Ch'illiwa), *Calamagrostis heterophyla*, (*Calamagrostis rigescens*), *Stipa brachiolylla* (Grama ichu), *ichu*;
- Juncaceae: *Distichia muscoides* (khunkuna);



- Compositae: *Hipochoeris taraxacoides* (Pilly), *Gnphalium capitatum* (Wira wira),  
*Werneria sp.*;
- Rosaceae: *Alchemilla pinnata* (Sillu sillu);
- Ciperaceae: *Eleocharis albribacteata* (Q'émillo), *Geranium sessiliflorum.sp.*

### 3.3. MATERIAL DE ESTUDIO

Tabla 1. Distribución de alpacas Huacaya para el estudio.

	Densidad alta		Densidad baja		Total
	Macho	Hembra	Macho	Hembra	
Nº	25	25	25	25	
<b>Total</b>	50		50		100

#### 3.3.1. Materiales y equipos

##### De campo

- Tijeras para corte de muestras de fibra
- Libreta de campo
- Soga
- Lapiceros
- Mameluco
- Botas
- Guantes de látex
- Cajas de cartón.
- Regla de 30 cm.
- Formatos para el llenado de datos del peso del vellón

##### Instalaciones

- Corrales de aparto y sala de esquila.

##### Reactivos

- Alcohol (70, 75, 80, 90 y 100%)
- Alcohol absoluto (95 y 100%)
- Alcohol yodado
- Cloroformo
- Xilol
- Hematoxilina de Harris
- Agua destilada
- Formol al 10%
- Carbonato de litio
- Eosina
- Detergentes
- parafina



## **Equipos**

- Cámara fotográfica.
- OFDA 2000, modelo 2145 con procesador de Windows 8 el cual permite procesar la lectura de imágenes en datos cuantitativos en tiempo real.
- Microscopio electrónico
- Estufa
- Baño maría
- Congeladora
- Microtomo semiautomático
- Sacabocado
- Lamina (cobre y porta objetos)
- Impresora
- Laptop
- USB

### **3.4. PROCEDIMIENTO**

#### **3.4.1. Alimentación**

Los animales fueron pastoreados tanto en la zona alta (5,470 msnm.) y la zona baja (4,136) del Centro Experimental con un tiempo de pastoreo desde las 7:00 am hasta las 17:00 horas siendo el tiempo de pastoreo rutinario en el Centro experimental.

#### **3.4.2. Obtención de la muestra de fibra**

Las muestras de fibra se obtuvieron mediante cortes con una tijera, en una cantidad aproximada de 7 gramos de la región del costillar medio, considerado como la zona representativa para medir las variables como el promedio del diámetro medio de fibra (Aylan Parker y McGregor, 2001). Las muestras fueron empaquetadas en papel bond, debidamente identificadas considerando los siguientes datos:

- Nombre de la institución de procedencia
- Número de arete del animal
- Sexo
- Edad
- Fecha de obtención de la muestra



100 muestras fueron obtenidos, estas fueron trasladadas al laboratorio de fibras y pieles de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de UNA Puno para realizar el lavado, posteriormente trasladados y finalmente fueron enviados al laboratorio de fibras del Proyecto Especial de Camélidos Sudamericanos (PECSA) Gobierno Regional de Puno, para su análisis.

Para el muestreo de piel, previamente el animal fue sujetado en posición decúbito lateral, luego con ayuda de una tijera se hizo limpieza de la zona del costillar medio y con utilización del equipo “sacabocado” de 8 mm de diámetro se obtuvo la muestra de piel para su procesamiento en el Laboratorio de Histología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNA – Puno.

### **3.4.3. Procedimiento histológico**

Para la evaluación de los folículos, las biopsias se procesaron con la técnica de inclusión de parafina, primero se realizó a través de fijación con formol al 10%.

El lavado de las muestras de piel se realizó a chorro de agua en el caño durante 12 horas, posteriormente se sometió a deshidratación en alcoholes desde 70, 75, 80, 90 y finalmente a 100%, con una duración de 1 hora por frasco y de 1 hora en frasco de cloroformo.

La inclusión de parafina se realizó en una estufa temperada a 60°C, El frasco contenía de 50% de parafina pura y 50% de cloroformo, 2 frascos contenían parafina pura así mismo muestras de piel en proceso de parafinación por el tiempo de 1 hora y finalmente figado con parafina pura obteniéndose tacos debidamente rotulados.

Se realizaron cortes de las muestras con micrótopo semiautomático con una separación de 4 a 5 micras pasando las muestras cortadas a baño maría para su extensión





a temperatura de 45°C. luego las muestras fueron colocadas en lamina porta objetos fijándose con albumina de Mayer, pasando luego al siguiente procesamiento:

- Coloreado de muestras en batería de coloración.
- Desparafinación en 3 frascos de Xilol.
- Hidratación en 3 frascos de alcohol absoluto.
- Colocado de muestras en frasco de Hematoxilina de Harris por 10 minutos.
- Separación de colorante colocando en frasco de alcohol.
- Colocado de muestras en frasco de Carbonato de Litio por tiempo de 5 minutos.
- Para su aclaración se sumergió en frasco de agua destilada.
- Colocado de muestras en 3 frascos de alcohol absoluto.
- Para diafinización las muestras fueron colocados en otro frasco de Xilol por 3 minutos.
- Finalmente, colocado de cubreobjetos.

#### **3.4.4. Medición del diámetro de fibra**

Las muestras fueron procesadas en el equipo OFDA 2000, siguiendo las recomendaciones dadas por Brims *et al.* (1999); el OFDA es un instrumento para medir la lana sucia y el perfil del diámetro a lo largo de la hebra o filamento que se basa en la tecnología de digitalización de imágenes y analizador óptico de las mismas (Elvira, 2017), con la ejecución del programa de administración de datos IWG/Meswin/OFDA.exe., en el cual se determina el diámetro de fibra, factor de confort, índice de curvatura y longitud de mecha. El peso de vellón se ha registrado con balanza tipo reloj de 10 kg. al momento



de la esquila. Se siguió el siguiente procedimiento para determinar el diámetro de fibra y factor de confort:

Antes de iniciar el análisis se calibro el equipo OFDA 2000 con el slide o gradilla usando patrones de fibra de “poliéster estándar” para fibra de alpaca.

- Para determinar el factor de corrección de grasa, se identificaron 30 muestras de fibra en sucio, para que el OFDA 2000 mide las dimensiones de fibras crudas (grasientos y sucios) para que posteriormente el OFDA realice una corrección de la constante (dentro de una muestra) para poder determinar las verdaderas dimensiones de cada muestra. Este factor de corrección se mide y calcula en el laboratorio inmediatamente, el cual fue para el factor de corrección de grasa  $0.6\mu$  (Vilca, 2022).
- Se midieron todas las muestras de fibra en una gradilla y en el equipo OFDA, determinando automáticamente la corrección para la grasa, donde se determinó la media del diámetro de fibra, desviación estándar, coeficiente de variación, factor de confort, índice de curvatura, finura al hilado y longitud de mecha (Vilca, 2022).

#### **3.4.5. Medición del factor confort y longitud de mecha.**

El factor confort corresponde al porcentaje de las fibras menores de  $30\ \mu\text{m}$  que tiene el vellón de alpaca, y la longitud promedio de fibra es extraída de un conjunto de fibras que se sometieron al proceso de medición con el equipo OFDA 2000 (Vilca, 2022).

#### **3.4.6. Determinación de peso del vellón**

El vellón obtenido después de la esquila, se recoge en envases, uno es vellón propiamente dicha y el otro de bragas o pedazos; y ambos son pesados con balanza para obtener el peso vellón.



### 3.4.7. Determinación de número de folículos pilosos

Para el conteo de número de folículos pilosos se realizó con utilización de microscopio electrónico, se determinó a una medida de 1000,000 micras que en milímetro es 1 mm<sup>2</sup>.

## 3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

### 3.5.1. Análisis de variancia.

Las variables: diámetro, factor de confort, longitud de mecha y peso del vellón fueron analizados a través de un Diseño Completo al Azar con un Arreglo Factorial 2x2; siendo el modelo aditivo lineal, el siguiente:

$$Y_{ijk} = U + A_i + B_j + (AB)_{ij} + (E_{ijk})$$

Donde:

$i = 1$  y  $2$  (densidad)

$j = 1$  y  $2$  (sexo)

$Y_{ijk}$  = Variable respuesta

$\mu$  = Media general

$A_i$  = Efecto de la  $i$ -ésima densidad

$B_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo sexo

$(AB)_{ij}$  = Efecto de la interacción densidad/sexo

$E_{ijk}$  = Error Experimental.

La comparación de medias de las variables en estudio, se ha realizado mediante la prueba de Significación Múltiple de Duncan con  $\alpha = 0.05$ .



### 3.5.2. Análisis de correlación

Para medir el grado de asociación entre las variables número de folículos pilosos, diámetro, factor confort, longitud de mecha y peso de vellón se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson, cuya fórmula de cálculo fue:

$$r = \frac{n\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n\sum X^2 - (\sum X)^2][n\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

**Dónde:**

X: Número de folículos pilosos (densidad)

Y: Variable fenotípica (Diámetro, factor de confort, longitud de mecha y peso del vellón)

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA PIEL

##### 4.1.1. Folículo piloso

El análisis de varianza (Anexo 1), muestra que se encontró diferencias significativas en la variación del número de folículos pilosos en la piel de alpacas Huacaya por efecto de factores principales como es densidad  $p < 0.05$ , y sexo ( $p < 0.01$ ), mientras para el efecto interacción densidad/sexo no se encontró diferencias ( $p > 0.05$ ), (Tabla 2).

Tabla 2. Número de folículos pilosos (densidad) en piel de alpaca Huacaya según sexo.

Factores	Niveles	n	Media	E.E.	V. E.
Densidad	Baja	50	27,30 <sup>b</sup>	1,09	14,0 - 45
	Alta	50	29,54 <sup>a</sup>	1,01	17,0 - 52
Sexo	Macho	50	28,82 <sup>b</sup>	0,71	14,0 - 32
	Hembra	50	31,02 <sup>a</sup>	1,39	17,0 - 52

Medias con letras diferentes indican significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

La tabla 2, evidencia el número de folículos pilosos en alpacas Huacaya de 1 año de edad por efecto de densidad y sexo; en los de densidad alta mostraron  $29,54 \pm 1,01$  folículos/mm<sup>2</sup> de piel, superior a los de densidad baja con  $27,30 \pm 1,09$  folículos/mm<sup>2</sup> de piel ( $p < 0.05$ ); referente al factor sexo en hembras reflejaron valores de  $32,02 \pm 1,39$  folículos/mm<sup>2</sup> de piel, comparado con machos se tiene  $28,82 \pm 0,71$  folículos/mm<sup>2</sup> de piel ( $p < 0.05$ ). Diferencia que probablemente se deba a la mayor densidad de folículos secundarios que se desarrollaron en las hembras por efecto genético de los progenitores y medio ambientales.

En un estudio realizado en la Empresa Comunal Agropecuaria Coarita del distrito de Paratía – Lampa - Puno; con los objetivos de determinar la densidad folicular secundario, el diámetro de fibra, longitud de mecha y peso de vellón en alpacas Huacaya de primera y segunda esquila; determinaron la correlación entre densidad folicular secundario con el diámetro de fibra y peso de vellón en alpacas de segunda esquila, La densidad de folículos secundarios en alpacas hembras a la primera esquila fue 34.09 y en machos 36.08 folículos secundarios/mm<sup>2</sup> de piel, y en la segunda esquila en hembras y machos fue 31.51 y 31.78 folículos secundarios/mm<sup>2</sup> de piel, respectivamente (Araoz y Málaga 2019).

## 4.2. CARACTERÍSTICAS TEXTILES DE LA FIBRA

### 4.2.1. Diámetro de fibra

El análisis de varianza (Anexo 2), muestra que se encontró diferencias significativas en la variación del diámetro de fibra por efecto de las variables de medida como densidad, sexo e interacción las mismas ( $p < 0.05$ ), (tabla 3).

**Tabla 3. Diámetro de la fibra ( $\mu$ ) en alpaca Huacaya según densidad y sexo.**

Factores	Niveles	n	Media	E.E.	V. E.
<b>Densidad</b>	Alta	50	18,75 <sup>b</sup>	0,33	15,5 – 24,0
	Baja	50	19,54 <sup>a</sup>	0,38	16,0 – 24,4
<b>Sexo</b>	Hembra	50	18,77 <sup>b</sup>	0,35	15,5 – 24,4
	Macho	50	19,52 <sup>a</sup>	0,36	16,8 – 24,2

Medias con letras diferentes indican significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

La tabla 3, evidencia el diámetro de fibra por efecto de densidad y sexo; observándose en animales con densidad alta fue de  $18,75 \pm 0,33\mu$ , inferior a las de densidad baja con  $19,54 \pm 0,38 \mu$  ( $p < 0.05$ ); referente al factor sexo en hembras se encontró menor diámetro  $18,77 \pm 0,35 \mu$  comparado a machos con  $19,52 \pm 0,36 \mu$  ( $p < 0.05$ ). Diferencia que se debería a que los animales con mayor densidad de vellón



reflejan una mejor calidad de fibra. Las hembras muestran una mejor finura de fibra, debidos probablemente a progenitores seleccionados, asimismo lo que implica una mayor presión de selección de machos reproductores.

Similares resultados reportaron para animales de primera esquila (Ormachea, et al., 2015) en animales de las comunidades de Chimboya y Quelccaya del distrito de Corani, provincia de Carabaya - Puno, ubicado a una altitud de 4800 a 5350m, con 240 muestras de fibra utilizando el equipo OFDA 2000, donde registra el diámetro de fibra de  $19.6 \pm 2.09 \mu$ ;  $21.07 \pm 2.56 \mu$  y  $22.28 \pm 2.45 \mu$ , en alpacas de la categorías de 2, 4 y 6 dientes, respectivamente ( $p \leq 0.05$ ); con respecto al sexo los machos mostraron un diámetro de fibra de  $21.28 \pm 2.55 \mu$ ; y las hembras  $20.69 \pm 2.69 \mu$  ( $p > 0.05$ ).

Por otra parte, el diámetro de fibra fue de 23,93 y 23,56  $\mu$  para machos y hembras respectivamente, siendo similares al análisis estadístico, para el factor edad, donde el mejor diámetro lo tuvieron las alpacas de 1 año de edad (21.78 $\mu$ ) y un mayor grosor para animales de 3 a 5 años con un promedio 26.70 $\mu$  indicando que el diámetro de fibra aumenta con proporcionalmente con la edad del animal (Montesinos, 2000). En lo que se refiere a colores poseen diámetros, para las fibras blancas 22.26  $\mu$ , café rojizo de 23.36  $\mu$  y LF 23.38  $\mu$ , encontrando mayor diámetro para las alpacas de color café con 23.45  $\mu$ , roano 23.46  $\mu$ , café claro 23.77  $\mu$ , gris 24.07  $\mu$ , café oscuro 24.07  $\mu$ , y finalmente negro de 24.59  $\mu$ . No obstante en alpacas machos de la raza Huacaya, reportan un diámetro mayor en relación a las hembras, con promedios para machos de 25.36  $\mu$  y hembras de 24,70  $\mu$  (Pinazo, 2000) e indica que el sexo no influye sobre el diámetro de fibra; mientras para el efecto edad si afecta, ya que en animales de 1 año se muestran diámetros de fibra más fina 20,69  $\mu$  y a medida que se incrementa la edad la fibra se va engrosando, hasta los 5 años, se deberían al desarrollo de los folículos, como responsable de este incremento del diámetro para la producción de fibras.

#### 4.2.2. Factor confort

El análisis de varianza (Anexo 3), muestra que no se encontraron diferencias significativas en la variación del factor de confort de la fibra por efecto de factores principales como densidad y sexo ( $p>0.05$ ), mientras para el efecto interacción densidad/sexo mostraron diferencias ( $p<0.05$ ), (Tabla 4).

**Tabla 4. Factor confort (%) de alpaca Huacaya según densidad y sexo.**

Factores	Niveles	n	Media	E.E.	V. E.
Densidad	Alta	50	96,66 <sup>a</sup>	0,58	81,10 -99,50
	Baja	50	95,79 <sup>a</sup>	0,56	85,80 -99,20
Sexo	Machos	50	95,97 <sup>a</sup>	0,53	81,10 -98,40
	Hembras	50	96,48 <sup>a</sup>	0,53	85,80- 99,50

Medias con letras diferentes indican significativamente diferentes ( $p<0,05$ )

En la tabla 4, se observa la variable factor de confort a la primera esquila, en la cual se aprecia que las alpacas con densidad alta y baja muestran similares valores de  $96,66 \pm 0,58$  y  $95,79 \pm 0,56$  %, respectivamente ( $p>0.05$ ); referente al factor sexo en hembras se encontró mayor porcentaje  $96,48 \pm 0,53$  % y en machos  $95,79 \pm 0,53$  % ( $p>0.05$ ). lo que, podría deberse a la similitud del manejo sanitario, alimentario y otros.

Los valores encontrados en el presente estudio son superiores al reporte de estudios realizados en alpacas criadas en Australia, donde obtuvieron un factor de confort de 75.49 %; mientras, en las 585 alpacas Huacaya criados en Estados Unidos, en fibras de alpaca Huacaya en donde encontraron un factor de confort de 73 % en machos y 70.6 % en hembras, en animales de 1 año encontraron 82.7%, en los de 2 años 74.7%, y mayores de 3 años 58.6% (Lupton et al., 2006) En Huancavelica, en 544 muestras de vellón de alpaca de color blanco provenientes de ocho comunidades, de distintas edades y sexos, han encontrado valores para factor de picazón de  $6,33\% \pm 0,30\%$  y factor de confort de 93,67%,





el cual se considera fibra de mejor calidad, acorde a los requerimientos de la industria textil (Quispe et al., 2009).

Valores encontradas en el presente trabajo de investigación se asemejan a los reportes de Ormachea, et al., 2015 , quienes en las comunidades de Chimboya y Quelccaya del distrito de Corani, provincia de Carabaya - Puno, ubicado a una altitud de 4800 a 5350m, analizaron 240 muestras de fibra utilizando el equipo OFDA 2000, registraron el factor de confort en alpacas de 2 dientes fue 97.50 %, 4 dientes 95.85 % y 6 dientes 93.43 % ( $p \leq 0.05$ ); en alpacas hembras el factor de confort fue 96.19 % y en machos 94.99 % ( $p \leq 0.05$ ). Estas semejanzas de las variables se deberían a que los animales están ambientados en las inmediaciones de la misma de cordillera oriental; ya que los pastizales tanto bofedales y partes secanas son parecidos, asimismo el manejo de los animales de parte de los criadores.

Los valores del factor de confort de la fibra de alpacas Suri son superiores a los reportados por McGregor y Butler (2004) en alpacas criadas en Australia, quienes cifran un valor de 55,58 %. Ponzoni *et al.* (1999) en alpacas al Sur de Australia, muestran un índice de confort de 75,49 %; mientras que Lupton *et al.* (2006) en alpacas Huacaya criadas en EEUU registraron un factor de confort de  $68,39 \pm 25,05$  %, según sexo en hembras 69,50 % y en machos 72,60 %, según edad de 82,70 %, 74,10 % y 58,60 % en alpacas de 1, 2 y 3 años de edad, respectivamente; en todos los casos son inferiores cuando comparamos a los resultados del presente estudio, estas variaciones probablemente se deban a los factores medioambientales y directamente al factor alimentación, por lo tanto al engrosamiento de la fibra tal como reporta (Ruiz de castilla, 2004).

#### **4.2.3. Longitud de mecha**

En el análisis de varianza (Anexo 4), evidencia que no se encontró diferencias significativas en la variación de la longitud de fibra en alpacas de raza Huacaya por efecto

de factores principales como es densidad y sexo; ni por efecto del factor interacción densidad/sexo ( $p>0.05$ ), (Tabla 5).

Tabla 5. Longitud de mecha (cm) de la fibra de alpacas Huacaya según densidad y sexo.

Factores	Niveles	n	Media	E.E.	V. E.
<b>Densidad</b>	Alta	50	10,84 <sup>a</sup>	0,20	9,0 - 14
	Baja	50	11,35 <sup>a</sup>	0,26	7,0 - 14
<b>Sexo</b>	Machos	50	11,17 <sup>a</sup>	0,27	9,0 - 14
	Hembras	50	11,02 <sup>a</sup>	0,26	7 - 14

Medias con letras iguales indican que no existe diferentes entre promedios( $p>0,05$ )

En la tabla 5, se muestra la variable longitud de mecha para alpacas Huacaya de 1 año de edad,  $10,84 \pm 0,20$  cm, en animales con densidad alta, y para animales con baja densidad  $11,35 \pm 0,26$ cm; los mismos que se asemejan; asimismo se registraron en animales machos una longitud de  $11,17 \pm 0,27$  cm y  $11,02 \pm 0,26$  cm en las alpacas hembra ( $p>0.05$ ). Estas medias son similares y se deberían principalmente al tipo de manejo con controles de sanidad y a la alimentación a base pastos naturales propias del lugar que posee el Centro Experimental La Raya.

Los resultados del estudio son similares a los de Araoz y Málaga (2015), como 11.55 y 11.30 cm de longitud de fibra en machos y hembras a la primera esquila, respectivamente; asimismo, para la segunda esquila 10.74 y 11.25 cm para macho y hembras, respectivamente ( $P \geq 0.05$ ). Determinaron el crecimiento de fibra mensual de alpaca de las dos razas (Suri y Huacaya); el crecimiento de la longitud de fibra a lo largo del año en la raza Suri tuvo un crecimiento del 20 % mayor que el Huacaya, el crecimiento en la raza Suri fue de 1,34 cm/mes (Quispe *et al.* 2014). La longitud de fibra del estudio es similar en alpacas de 1 año de edad en Australia estudiado por la longitud de fibra de alpacas Suri fue 3,2 cm más largo al de Huacaya; probable diferencia aparente relacionados con la curvatura natural o fricción de fibra (McGregor, 2006).



Valores encontrados en presente estudio son superiores a las investigaciones realizadas en la época de Empresas Asociativas como en la SAIS Aricoma, con un promedio de longitud de mecha de 8,11 cm para animales de 2 años y 7,59 cm para animales de 6 años de edad, observándose que existe una reducción ligera a partir del segundo año con un promedio general de 7,83 cm (Estrada, 1987). Mientras Condorena, (1985), registra longitud de mecha promedio de 10.40 cm; y manifiesta que el crecimiento de la longitud de mecha en alpacas desciende paulatinamente al pasar los años siendo los promedios de 12.60 cm en animales de 1 año, 12.15 cm en animales de 2 años, 11.20 cm entre 2 a 3 años y 10.40 cm para 6 a 7 años de edad, lo que demuestra en forma inobjetable que la esquila anual satisface una longitud de fibra requerida para la industria textil, por consiguiente, es totalmente errada la práctica de la esquila bianual para una mayor longitud de mecha (Calle, 1982).

No obstante que, Zanabría, (1989) reporta una longitud de mecha promedio de 9.36 cm en machos y en hembras 10.03 cm; resultados de cuatro zonas alpaqueras del departamento de Puno. Otros autores encuentran valores superiores en hembras de la raza Huacaya (9.35 cm) en comparación a los machos (9.24 cm), y registra valores de 9.25 cm para los machos y 9.35 cm para las hembras Huacayas del CIP La Raya; valores que se ajustan a la demanda de las empresas textiles.

#### **4.2.4. Peso de vellón**

En el anexo 5, se observa el análisis de varianza, donde se evidencia diferencias altamente significativas en la variación de peso del vellón en alpacas de raza Huacaya por efecto de factor principal que es la densidad ( $p < 0.01$ ); No obstante, que, no se encontró diferencias significativas por efecto sexo animal ni la interacción densidad/sexo ( $p > 0.05$ ), (Tabla 6).

Tabla 6. Peso del vellón (kg) de la fibra de alpacas Huacaya según densidad y sexo.

Factores	Niveles	n	Media	E.E.	V. E.
<b>Densidad</b>	Alta	50	1,78 <sup>a</sup>	0,06	1,0 - 2,80
	Baja	50	1,47 <sup>b</sup>	0,06	1,0 - 2,20
<b>Sexo</b>	Machos	50	1,63 <sup>a</sup>	0,05	1,0 - 2,00
	Hembras	50	1,62 <sup>a</sup>	0,07	1,0 - 2,80

Medias con letras iguales indican que no existe diferentes entre promedios( $p>0,05$ )

La tabla 6, muestra los resultados de la variable peso del vellón de alpacas de 1 año de edad, donde se encontró  $1,78 \pm 0,06$  kg en alpacas de alta densidad, que es superior a los de baja densidad que registra  $1,47 \pm 0,06$  kg., ( $p<0.05$ ); diferencia que probablemente por efecto a la mayor densidad de folículos en la piel. No obstante que, las alpacas machos muestran  $1,63 \pm 0,05$  kg que es similar al de las hembras que registran  $1,62 \pm 0,07$  kg ( $p<0.05$ ); semejanza debido a la alimentación a base de praderas nativas o pastos naturales.

Valores del presente trabajo son similares a las investigaciones realizadas por Araoz y Málaga (2019), como el peso del vellón de alpacas a la primera esquila  $1.55 \pm 0.41$  kg., y a la segunda esquila  $2.37 \pm 0.42$  kg., ( $P \geq 0.05$ ). La raza, sexo y especialmente la edad de los animales afectan la producción, ya que a la primera esquila el vellón de la alpaca es de 1.34 kg (aproximadamente 10 meses de edad) e incrementa a medida que transcurre la edad del animal, registrándose: 1.79, 2.19, y 1.89 kg, a los 2 y 3 años de edad respectiva (aumento anual 0.55 Kg. /año) (Tumi, 2017). No obstante, que a partir de la cuarta esquila el incremento del peso vellón es menor y negativa (aumento promedio 0.11 Kg/año), reportando promedios de una esquila anual de peso vellón de 1.33 kg para machos y 1.17 para hembras de 10 meses, a los 2 años 1.71 kg, y 1.86 Kg., para hembras (Bustinza, 2001).

Los resultados del presente estudio son superiores a los reportes de Condorena, (1985). Con valores para promedio de peso de vellón, 1.2 y 3.2kg., para 1 y 2 años de edad representativamente. Mientras, Bustinza, (2001) describe valores de peso del

vellón a la primera esquila (9 meses) de 1.15 kg; a 2 años de 1.67 kg; a 3 años de 2.0 kg; y a partir de los 4 años el incremento fue más lento así a los 5 años de 2.11 kg y a 6 años de 2.17 kg. Y finalmente indican que las alpacas Huacaya tiene mayor peso de vellón que las alpacas Suri; notándose que las alpacas macho tienen mayor peso de vellón que las alpacas hembras. Alpacas Huacaya de 1 año tiene -mayor promedio de peso de vellón que las alpacas suri a la primera esquila (9 meses).

### 4.3. CORRELACIONES ENTRE VARIABLES

Tabla 7. Correlaciones de variables de la fibra de alpacas Huacaya

	r	R <sup>2</sup> (%)
Densidad con diámetro de fibra	-0,19	3,61
Densidad con factor de confort	0,08	0,64
Densidad con longitud de mecha	-0,13	1,69
Densidad con peso del vellón	0,29	8,41

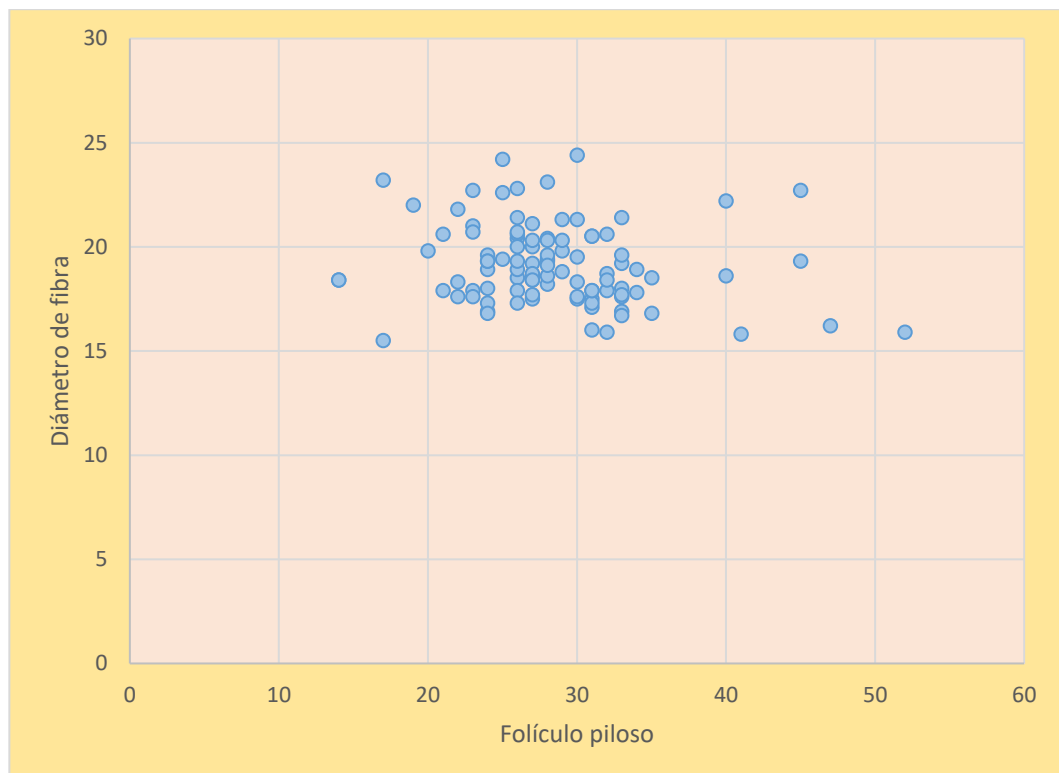


Figura 1. Correlación entre número folículo y diámetro de fibra.

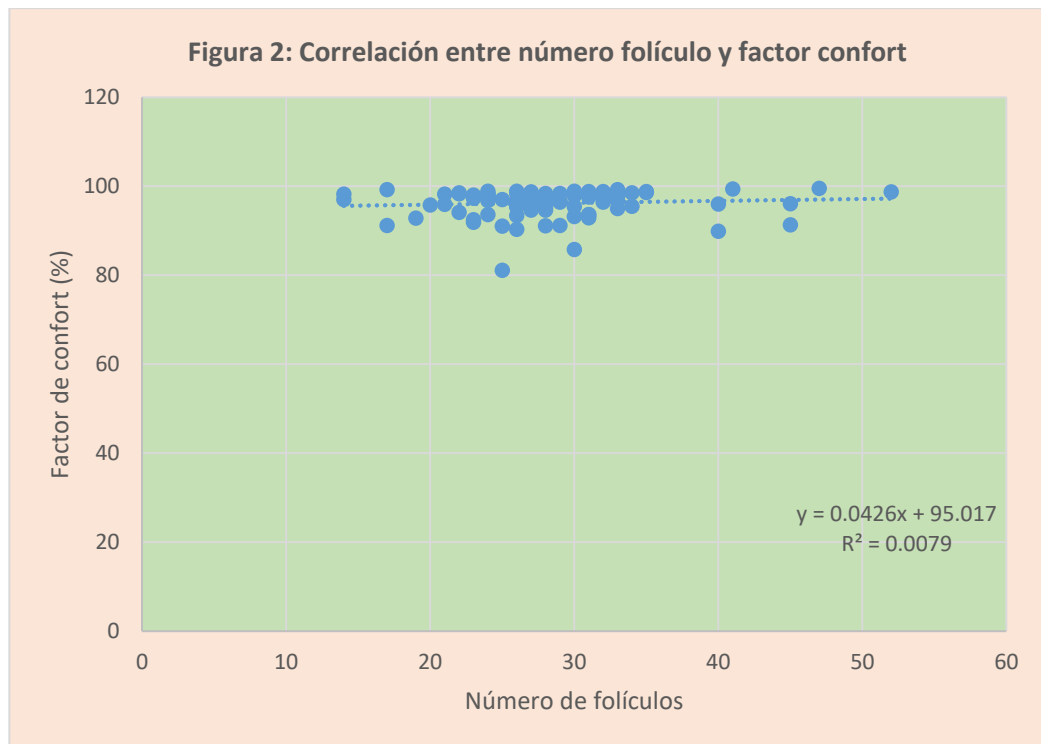


Figura 2. Correlación entre número folículo y factor confort.

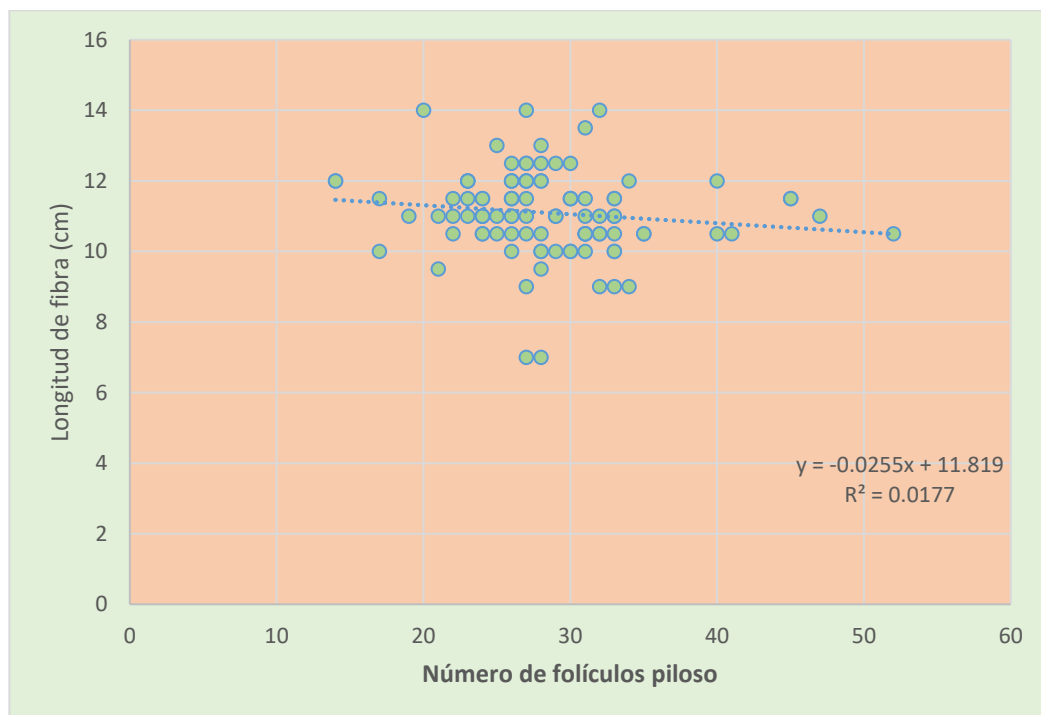


Figura 3. Correlación entre número folículo y longitud de fibra.

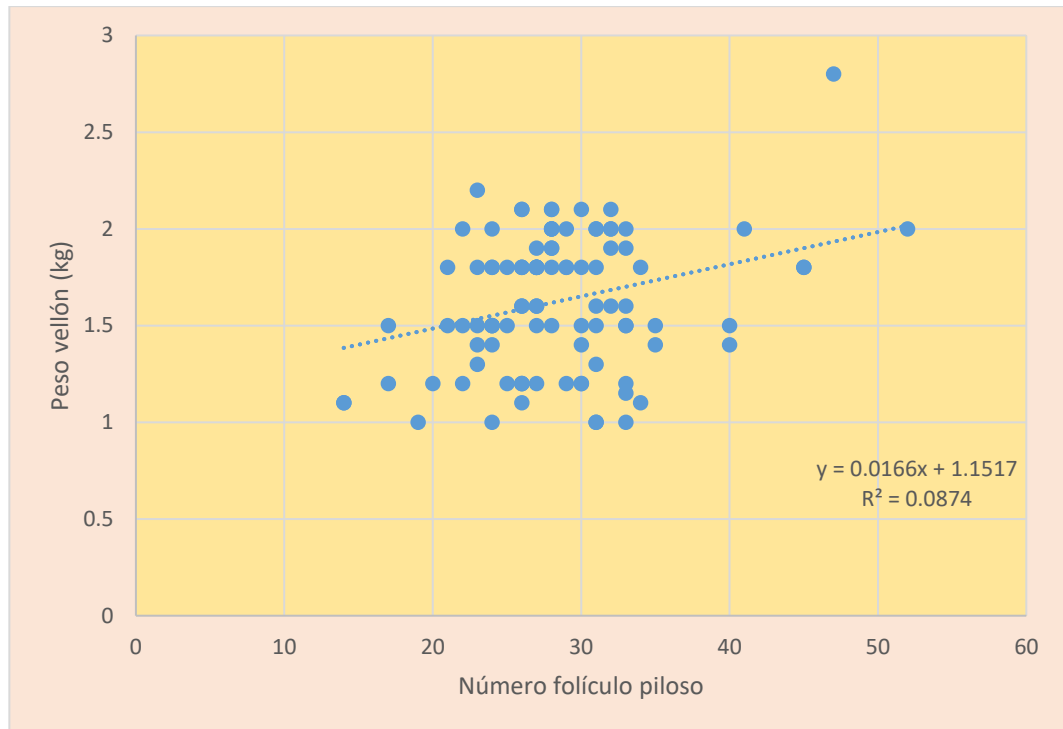


Figura 4. Correlación entre número folículo y peso del vellón.

La tabla 7 y las figura 1, 2, 3 y 4 muestran grado de asociación entre variables de las características de la fibra de alpacas Huacaya de 1 año de edad; donde reflejan una correlación entre el número de folículos piloso con diámetro de fibra, factor de confort, longitud de fibra y peso del vellón de  $r = -0,19$ ;  $0,08$ ;  $-0,13$  y  $0,29$  con coeficientes de determinación de  $3,61$ ;  $0,64$ ;  $1,69$  y  $8,41$  %, respectivamente; los mismos que son valores negativos y positivos y bajos.

Los valores encontrados se asemejan a los reportados por Araoz y Málaga (2015), quienes encuentra una correlación entre densidad folicular secundario entre la primera y segunda esquila es negativa y baja ( $r = -0.144$ ); y el grado de asociación de peso de vellón entre la primera y la segunda esquila fue positiva y baja ( $r = 0.196$ ), con un coeficiente de determinación de  $3.84$  %, lo que nos induce atribuir que, al variar la variable peso vellón de primera esquila, el peso vellón de segunda esquila varía en  $3.84$  %, igual que anterior en forma positiva.



Los resultados del presente estudio se asemejan al de Paucar *et al.*, (2014) quién encontró una correlación entre índice folicular y peso de vellón sucio para alpacas de 1 año, 2 años de edad, machos y hembras fueron 0.172, -0.030, -0.348 y -0.057 respectivamente; mostrándose que no existe correlación entre índice folicular y peso de vellón sucio en alpacas de 1 año, 2 años.

No obstante que, entre otras características de la fibra, reportan valores negativos superiores como registra (Machaca *et al.*, 2017) entre el diámetro de fibra con factor de confort de -0.99 para alpacas de cinco comunidades del distrito de Cotaruse, Apurímac; similar reporte hace (Morante, 2012)  $r = -0.97548$  para alpacas de la raza Suri del fundo Pacamarca. Y valores inferiores encuentra (Ticlla *et al.*, 2015) de -0.69 y -0.62 entre el diámetro de fibra y el índice de confort, en machos y hembras respectivamente; y Vásquez, *et al.*, (2015) encuentra  $r = -0.74891$  entre diámetro de fibra e índice de confort para alpacas de las comunidades de la zona alto andina de Apurímac – Perú. Las correlaciones fenotípicas entre el diámetro de fibra y factor de confort fueron negativos y altos, lo cual indica que sí el diámetro de fibra aumenta el factor de confort disminuye a medida que avanza la edad animal.





## V. CONCLUSIONES

- Las características cuantitativas y cualitativas de fibra como es el diámetro de fibra y peso del vellón muestran diferencias significativas por efecto de densidad del folículo piloso y sexo ( $P < 0.05$ ); mientras en las variables factor de confort y longitud de fibra no mostraron diferencias estadísticas por la influencia de factores densidad del folículo piloso y sexo en alpacas Huacaya de 1 año de edad del Centro Experimental La Raya.
- Las correlaciones entre el número de folículos pilosos con diámetro de fibra, factor de confort, longitud de fibra y peso del vellón fueron valores negativos y positivos y bajos.



## VI. RECOMENDACIONES

- Los valores encontrados de las variables investigados en alpacas de 1 año de edad del Centro Experimental La Raya, se debe considerar en los planes de mejora genética para las características tecnológicas como es el diámetro, factor de confort, longitud de mecha y peso del vellón.
- Realizar estudios para determinar la variable cualitativa densidad de fibra para mediciones cuantitativos; debido a que las correlaciones entre una variable cualitativo y otro cuantitativo no es lo adecuado.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araoz, R. y J. Málaga. (2019). Relación folicular, diámetro de fibra, longitud de mecha, peso de vellón en primera esquila y segunda esquila en alpacas Huacaya tesis de F.M.V.Z. UNA puno.
- Atlee, A.B., Stannard, A.A., Fowler, E., Willemse, T., & Thierry, O. (1997). The histology of normal llama skin Veterinary Dermatology.
- Aylan-Parker, J., y McGregor, B. A. (2001). Optimising sampling techniques and estimating sampling variance of fleece quality attributes in alpacas. *Mall Rumin. Res.*, 44, 53–64.
- Badajoz E. (2007). Determinación de finura de fibra de alpaca asociado a la relación folículo secundario/folículo primario (S/p) entre las razas suri y Huacaya. Tesis MV. Facultad de medicina Veterinaria. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima.
- Banks, W.J. (1993). *Histología veterinaria aplicada*. 3ra ed. Editorial El Manual Moderno SA. España.
- Badajoz, E. (2007). Determinación de finura de fibra de alpaca asociado a la relación folículo secundario/folículo primario (S/P) entre las razas Suri y Huacaya. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 77.
- Baxter, B. and. D. Cottle. (2002). “Fiber diameter distribution characteristics of midside (fleece) samples and their use in sheep breeding”. International Wool Organisation Technical Committee Meeting, Boston, USA.
- Bravo P. 1 973. Relación peso vivo peso de vellón, en diferentes edades de alpacas variedad Huacaya. Tesis Médico Veterinario y Zootecnista. Puno. Universidad Nacional técnica del Antiplano.
- Brimms, M., Peterson, A., & Gherard, S. (1999). Introducing the OFDA 2000 for rapid measurement of diameter profile on greasy wool staples. International Wool Textile Organization. Western Australia: Report No RWG 04.
- Bustinza, A.V. (2001). *La Alpaca, conocimiento del gran potencial andino*. 1ra Ed. Oficina de recursos del aprendizaje-Sección publicaciones-UNA, Puno.
- Bustinza, V. (2001) *Mejoramiento genético artículo de libro en Producción de Rumiantes Menores: Alpaca*. RERUMEN, Lima, 1991.



- Bustinza V. (1986). Los camélidos sudamericanos domésticos y el desarrollo andino. Revista de investigación para el desarrollo social el altiplano UNA- FMVZ - Puno, Perú.
- Calhoun M. L, Stinson AW. (1986). Integument. En: Dellmann HD, Brown MB, eds. Histología Veterinaria. 3ra. Edición. Zaragoza, España: Editorial. Acribia.
- Calle, R. (1982). Producción y Mejoramiento de la alpaca. Banco Agrario del Perú. Lima Perú.
- Calsin, B. W. (2017). Determinación del efecto de la variación ecológica y épocas del año en la calidad de fibra de Alpacas de la raza Suri en los CIPs Chuquibambilla y la Raya. Repositorio Institucional - UNAP. <http://tesis.unap.edu.pe/handle/UNAP/6772>
- Calle, R. (1982). Producción y Mejoramiento de la Alpaca. UNA - La Molina. Lima - Perú.
- Carpio, M. (1991). La fibra de camélidos. articulo libro, Producción de Rumiantes Menores - alpacas (pp. 295 - 356). RERUMEN. Lima. Perú.
- Cervantes, I. Pérez C., Morante, R., A. Burgos, A., Salgado, C., Nietoa, B., Goyachec, F y Gutiérrez J.P. (2010). Genetic parameters and relationships between fibre and type traits in two breeds of Peruvian alpacas. Small Ruminant Research. Volume 88, Issue 1, Pages 6-11.
- Condorena, N. (1985). Concepto del Sistema estabilizado como teoría de organizacion y de producción en la crianza de alpacas. Talleres K´ayra. UNSAAC – CUZCO – PERU.
- Cordero A., Contreras J., Mayhua P., Jurado M. y Castrejón M. (2011). Correlaciones fenotípicas entre características productivas en alpacas Huacaya. Rev Inv Vet Perú 2011; 22(1):15-21.
- Checmapocco, O., Calsin, B., Quispe, J. y Maquera, Z. (2013). Peso de vellón y efecto del sexo y zona corporal en el diámetro de fibra, coeficiente de variabilidad y factor de confort en alpacas suri a la primera esquila de la asociación Urinsaya Puna-Nuñoa. Revista de Investigaciones Allpak´a, Vol 18(Nº 01), pp 75-80.
- Choquehuanca, E. M. (2017). Evaluacion del diámetro, índice de curvatura y longitud de mecha de la fibra de alpacas (Vicugna pacos) Huacaya en las comunidades de Maure y Huaytire- Región Tacna 2015.



- Davison, I. (2004). Fibre Measurement. In: The international Alpaca handbook. Published in Australia by: Alpaca consulting services of Australia. Printed in China by Everbest printing Co., Ltd.
- Del Carpio, M. (2001), Diámetro de fibra, Longitud de Fibra y Rendimiento de Vellón en alpacas huacayas a diferentes niveles altitudinales. Tesis FMVZ – UNA - PUNO
- Diaz, J. (2014). Principales características de la fibra de alpacas Huacaya y Suri del sector Chocoquilla – Carabaya. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista. FMVZ. UNA – PUNO.
- Elvira, M. 2017. Presentación del instrumento de medición de finura OFDA 2000. Sitio Argentino de producción animal.
- Estrada, J. (1986), Determinación de las Principales Características Físicas del Vellón de la Alpaca de las SAIS Aricoma Ltda. N 57. Tesis UNA – PUNO.
- Fowler, M. E. (1997). Medicine and surgery of South American camelids. 1ra ed. Ames: Iowa State University Press.
- Flores, A. (2006). Determinación del Diámetro de Fibra y Longitud de Mecha en Alpacas (*Vicugna pacos*) de la provincia de Tarata - Tacna. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista de la FMVZ de la UNJBG-Tacna.
- Flores, A. (2009). Determinación del Diámetro de Fibra y Longitud de mecha en Alpacas (*Vicugna pacos*) de la provincia de Tarata – Tacna. Tesis de Médico veterinario y Zootecnista de la EMVZ de la UNJBG – Tacna.
- Flores, W. (2017). Perfil de fibra, índice de confort e índice de curvatura en alpacas Huacaya del distrito de Corani – Carabaya. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista FMVZ. UNA – PUNO.
- Flores Gutierrez, A. (2009). DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO DE FIBRA Y LONGITUD DE MECHA EN ALPACAS (LAMA PACOS) DE LA PROVINCIA DE TARATA- TACNA. Repositorio Institucional UNJBG-TACNA, 39–68. <http://www.unjbg.edu.pe/institucion/historia.php>
- Flores, W. (2017). Perfil de fibra, índice de confort e índice de curvatura en Alpacas Huacaya del distrito de Corani-Carabaya. Repositorio Intitucional UNA-PUNO, 45–59. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6311>.
- Gaitán Dañobeitia, M. R. (1967). Estudio preliminar de los folículos pilosos en alpacas Huacaya. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Univ. Nacional Agraria La Molina. Lima.



- Gasquez, O. A. (2004). Tratado de Histología Veterinaria. 3ra ed. Editorial Masson. S.A. Barcelona- España.
- García, E. (2018). Características tecnológicas de la fibra de alpacas Huacaya en las comunidades de Urinsaya Puna y Anansaya Puna, Nuñoa, Puno. Universidad nacional del altiplano.
- Garcia, N. (2019). Características Textiles De La Fibra De Alpacas Hembras Suri Del Cip Chuquibambilla. Universidad Nacional Del Altiplano, 83.
- Gil, R. (2017). Evaluación de las características textiles de la fibra de alpacas Huacaya del Instituto de Investigación y Promoción de Camélidos Sudamericanos, Puno. In Repositorio institucional digital de la universidad nacional del altiplano. [http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6394%0Ahttp://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6394/Gil\\_Quispe\\_Rubén.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6394%0Ahttp://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6394/Gil_Quispe_Rubén.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Hansford, K. A. (2002). Wool strength and topmaking. Wool Technology and Sheep Breeding.
- Hoffman E, and Fowler ME. (1995). Fiber. In: The alpaca book. USA: Ed. Clay Press. p 44-84.
- Huayta, R. (2018). Características textiles y características cualitativas en alpacas Suri de las comunidades de Nuñoa – Melgar – Puno. Tesis II especialidad en Camélidos Sudamericanos. FMVZ – UNA – Puno.
- Huayta, R. (2016). El ABC de la Alpaca.
- Lee, G., K. Thornberry and A. Williams. (2001). The use of thyroxine to reduce average fibre diameter in fleece wool when feed intake is increased. Aust.
- Lupton C.J., McColl A. (2011). Measurement of luster in Suri alpaca fiber. Small Ruminant Research. Volume 99, Pages 178-186.
- Lupton, C. J., McColl, A. Y., & Stobart, R. H. (2006). Fiber characteristics of the Huacaya Alpaca. Small Rumin.
- Machaca, V., Bustinza, V., Corredor, F. V. Paucara, V., Quispe E. y Machaca, R. (2017). Características de la Fibra de Alpaca Huacaya de Cotaruse, Apurimac, Perú. Rev Inv Vet Perú; 28(4): 843-851.
- Mc Coll,. Yocom – McColl (2004). Testing Laboratories, Inc.: Methods for Measuring Micron. <http://www.alpacas.com/AlpacaLibrary/Html/MeasuringMicrons.htm> fecha de última visita. 15/02/2014.



- McGregor B.A. (2006). Production attributes and relative value of alpaca fleeces in southern Australia and implications for industry development. *Small Rumin. Res.*, 61: 93-111.
- Mamani, A. (2009). Correlación entre el diámetro, densidad y rizo de la fibra de alpaca Huacaya hembra, según región corporal. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista de la FMVZ de la UNA-Puno.
- Marín, E. (2007). Efecto del sexo sobre las características tecnológicas y productivas en alpacas tuis para su uso en la industria textil. Tesis de Magíster Scientiae en Producción Animal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú.
- Montes, M., Quicaño, I., Quispe, R., Quispe, E., & Alfonso, L. (2008). Quality characteristics of Huacaya alpaca fibre produced in the Peruvian Andean Plateau region of Huancavelica Quality characteristics of Huacaya alpaca fibre produced in the Peruvian Andean Plateau region of Huancavelica, (March). <https://doi.org/10.5424/sjar/2008061-5258>
- Montesinos, R. (2000). Características físicas de la fibra de alpacas Huacaya y Suri de color en el banco de Germoplasma Quimsachata, ILLPA – INIA – Puno. Tesis FMVZ – UNA – Puno.
- Morante, R., F. Goyache, A. Burgos, I. Cervantes, M. A. Péres-Cabal, J. P. Gutiérrez. (2009). Genetic improvement for alpaca fiber production in the Peruvian Altiplano: the Pacamarca experience. *Animal Genetic Resources Information*, 45, 37–43.
- Morante, R., Burgos, A., Gutierrez, J.P., (2012). Producing alpaca fibre for the textile industry. In book: *Fibre production in South American camelids and other fibre animals*, pp.35-40.
- Mueller, J. (2008). Novedades en la determinación de diámetros de fibra y su Fibra y su relevancia en programas de selección INTA Bariloche.
- Nina Escobar, M. R. (2017). Caracterización del color de fibra en alpacas (Vicugna Pacos) Huacaya de la Comunidad de Lagunillas, Distrito de Santa Lucia-Lampa. 1–102.
- Ormachea, E. (2013). Características de la fibra de alpaca analizadas con el método OFDA 2000. *Revista ALLPAK´A Del Instituto de Investigación y Promoción de Camélidos Sudamericanos*, 16, 83–92.



- Ormachea, E., Calsín, B. y Olarte, C. (2015). Características textiles de la fibra en alpacas Huacaya del distrito de Corani Carabaya, Puno. *Revista Investigaciones Altoandinas*, 17(2), 215-220.
- Ormachea, V., C., Calsin, D., Olarte, U., & Quiñones, G. (2013). Diámetro de fibra, factor de confort y índice de curvatura en alpacas huacaya de las comunidades de Quelccaya y Chimboya del distrito de Corani – Carabaya.
- Paucar, J. y Sedano, E. 2014. Correlacion entre indice follicular, peso de vellon y diametro de fibra en alpacas de raza Huacaya de color blanco. UNH. Huancavelica. Tesis Fac. Cien. Ing. Esc. Ac. Prof. de Zoot. UNH. Huancavelica.
- Pari Huaman, E. (2018). Principales Características De Finura Y Correlación Según El Número De Rizos En Alpacas Reproductores Huacaya. Repositorio Intitucional UNA-PUNO, 35–65.
- Pinazo, R. (2000). Algunas características físicas de la fibra de alpaca Huacaya y Suri del C.E. La Raya. Tesis FMVZ – UNA – Puno.
- Ponzoni, R. W., Grimson, R. J., Hill, J. A., Hubbard, D. J., McGregor, B. A., Howse, A., Carmichael, I. y Judson, G. J. 1999. The inheritance of and association among some. Production traits in young Australian alpacas. En: <http://www.alpacas.com/AlpacaLibrary/InheritanceTraits.aspx>. Accesado el 16 de Abril de 2009.
- Ponzoni, R. W. (2000). Genetic improvemet of Australian Alpacas: present state and potencial developments. *Proc. Aust. Alpaca Assoc.*, 71–96.
- Poppi, D. P., y McLennan, S. R. (2010). Nutritional research to meet future challenges, *Anim. Prod. Sci*, 329–338.
- Quispe, E. (2010). Evaluación de características productivas y textiles de la fibra de alpacas Huacaya de la región de Huancavelica, Perú. Libro de Conferencias Magistrales del Internacinal Simpsium on Fiber South Americanan Camelids.
- Quispe, E., L. Alfonso, A. Flores y H. Guillen. (2007). I Simposium Internacional de Biotecnología aplicada en camélidos sudamericanos. p180.
- Quispe, E., A. Flores Y J. Mueller. (2009). La fibra de la alpaca: contribución de su conocimiento a través de proyecto contrato 2006-00211-INCAGRO.
- Quispe, E.C. (2010). Evaluación de características productivas y textiles de la fibra de alpacas Huacaya de la región de Huancavelica, Perú. Libro de Conferencias Magistrales del International Simposiumon Fiber South American Camelids. Huancavelica-Perú.





- Quispe E.C., Quispe, R., (2016). Componentes de varianza y repetibilidad de características productivas y textiles de la fibra de alpaca (*Vicugna pacos*) Huacaya criados a nivel comunal. ISSN 1022-1301. 2016. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. Vol. 24(4):217-224.
- Quispe, E. C., Rodríguez, T. C., Iñiguez, L. R., & Mueller, J. P. (2009). Producción de fibra de alpaca, llama, vicuña y guanaco en Sudamérica. <https://doi.org/10.1017/S1014233909990277>
- Ramos, V. (2018). Características Fenotípicas de la Fibra de Alpaca Huacaya en la Región Apurímac. Universidad Nacional Del Altiplano Facultad De Medicina Veterinaria Y Zootecnia Segunda Especialidad En Camélidos Sudamericanos Domésticos, 16–22. [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/8929/Víctor\\_Alberto\\_Ramos\\_De\\_la\\_Riva.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/8929/Víctor_Alberto_Ramos_De_la_Riva.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Roque Gonzales, L. A., & Valdez, E. O. (2018). Características productivas y textiles de la fibra en alpacas Huacaya de Puno, Perú. Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru, 29(4), 1325–1334. <https://doi.org/10.15381/rivep.v19i4.14117>
- Roque, L. y Ormachea, E. (2018). Características productivas y textiles de la fibra en alpacas Huacaya de Puno, Perú. Rev Inv Vet Perú 2018; 29(4): 1325-1334 <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v19i4.14117>
- Ruiz de Castilla M. (2004). Genética y Mejoramiento de los animales domésticos. Edit. Universidad Univ. Nac. San Antonio de Abad del Cusco Perú. Russel Jay Redden H.L. 1997. El efecto de la nutrición sobre el crecimiento de la fibra en la alpaca.
- Sacchero, D. (2008). Biotecnología aplicada en camélidos sudamericanos. Grafica Industrial IERL - Huancayo- Perú.
- Scott D. W., W.H. Muller; y R.W. Kirk. (2002). Dermatología en pequeños animales 6ta ed. Editorial Inter-medica. Buenos Aires, Argentina.
- Slobodan, M. y J. Snezana. (1998). Control of hair growth. Dermatology Online Journal.
- SENAMHI. (2018). Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Perú. [www.senamhi.gob, pe](http://www.senamhi.gob.pe).
- Siguayro, R., y Gutiérrez., A. (2010). Comparación de las características físicas de las fibras de la llama ch'aku (lama glama) y la alpaca huacaya (*Lama pacos*) del centro experimental Quimsachata del INIA, Puno. Perú.



- Siña, M. (2012). Características físicas de la fibra en alpacas huacaya del distrito de susapaya, provincia de tarata. UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN – TACNA.
- Siña, M. (2013). Características Físicas De La Fibra En Alpacas Huacaya Del Distrito De Susapaya, Provincia De Tarata. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 1–9. [http://infoalpacas.com.pe/wp-content/uploads/2016/05/153\\_2013\\_Sia\\_Mamani\\_MA\\_FCAG\\_Veterinaria\\_2012\\_Resumen.pdf](http://infoalpacas.com.pe/wp-content/uploads/2016/05/153_2013_Sia_Mamani_MA_FCAG_Veterinaria_2012_Resumen.pdf)
- Solís, R. (1991). Producción de camélidos sudamericanos. In UNDAC – Cerro de Pasco – Perú.
- Sumar, J. (2007). Realidad y mitos sobre los camélidos sudamericanos. XX Reunión ALPA, XXX Reunión APPA Cusco, Perú.
- Taipe, M. (2018). Características tecnológicas de la fibra de alpaca suri y huacaya en las comunidades de callatomaza y nequeneque del distrito de muñani. Universidad nacional del altiplano.
- Tapia, M. (1999). Tecnología de Fibras Animales. FMVZ – UNA – Puno – Perú.
- Ticlla I., Mendoza G., Paucar R., Espinoza M., Paucar Y. (2015). Correlaciones fenotípicas entre el peso de vellón sucio y los parámetros tecnológicos en fibra de alpacas del centro de investigación y desarrollo de camélidos sudamericanos – Huancavelica. Sitio argentino de producción animal. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar).
- Tumi, R. (2017). Efecto de la densidad folicular sobre peso vellón en alpacas huacaya a la primera y segunda esquila, en el módulo de reproductores de Coarita – Paratía. Tesis, 79. [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4556/Tumi\\_Supo\\_Renzo\\_Mauro.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4556/Tumi_Supo_Renzo_Mauro.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Vásquez, R., Gómez, E. y Quispe, E. C. (2015). Características tecnológicas de la fibra blanca de alpaca Huacaya en la Zona Alto andina de Apurímac. Rev. Inv. Vet. Peru, 26 (2), 213 – 222.
- Velarde, O. (2015). Características textiles de la fibra de alpacas huacaya y suri en el sector alto Anansaya puna, Nuñoa, Melgar, Puno [Universidad Nacional del Altiplano de Puno]. In 2 (Vol. 1, Issue 051). [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/14588/Cahua\\_Villasante\\_David\\_Aurelio.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/14588/Cahua_Villasante_David_Aurelio.pdf?sequence=1&isAllowed=y)



- Vilca, T. (2022). “CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE LA FIBRA DE ALPACA SURI A LA PRIMERA Y SEGUNDA ESQUILA DEL CENTRO EXPERIMENTAL LA RAYA UNA – PUNO.” Universidad nacional del altiplano.
- Villarroel, L. J. (1991). Estudio sobre la fibra de alpaca. Resumen I parte UNA. La Molina – LIMA.
- Wood, E. (2003). Textile properties of wool and other fibers. Wool Tech. Sheep Breed.
- Wuliji, T., G.H. Davis, K. G. Dodds, R. Turner, R.N. Andrews AND G. (2000). Production, Performance, Repeatability Estimates for Live Weight and Fibre Characteristics of Alpacas in New Zealand. Small Rumian. Rev. 37:189-201.1.
- Wuliji T. 1993. Producción de fibra de alpaca, estacionalidad del crecimiento de las fibras y variación de las características de las fibras en un ambiente fresco y templado de Nueva Zelanda.
- Yi, Pedro (1995). The prenatal development of the fibre follicle in alpaca (*Lama pacos*). Fine fibre news.
- Zanabria, J. (1989). Características físicas de la fibra de tuis procedentes de las cuatro zonas alpaqueras del departamento de Puno Tesis FMVZ- UNA; Pág. 69



## ANEXOS

### Anexo 1. ANVA Para folículo piloso en alpacas ce la raya.

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
N° F.P.	100	0.22	0.19	19.68

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	822.60	3	274.20	8.77	<0.0001
DENSIDAD	125.44	1	125.44	4.01	0.0480
SEXO	676.00	1	676.00	21.62	<0.0001
DENSIDAD*SEXO	21.16	1	21.16	0.68	0.4128
Error	3001.76	96	31.27		
Total	3824.36	99			

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 31.2683 gl: 96

DENSIDAD Medias n E.E.

D2 27.30 50 0.79 A

D1 29.54 50 0.79 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 31.2683 gl: 96

SEXO Medias n E.E.

M 25.82 50 0.79 A

H 31.02 50 0.79 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 31.2683 gl: 96

DENSIDAD SEXO Medias n E.E.

D2 M 24.24 25 1.12 A

D1 M 27.40 25 1.12 B

D2 H 30.36 25 1.12 B C

D1 H 31.68 25 1.12 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Nueva tabla: 15/06/2022-12:47:21 a.m.- [Versión: 30/04/2020]

#### Medidas resumen

DENSIDAD	SEXO	Variable	n	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín	Máx	Mediana
D1	H	N° F.P.	25	31.68	7.55	1.51	23.84	17.00	52.00	32.00
D1	M	N° F.P.	25	27.40	2.53	0.51	9.24	22.00	33.00	27.00
D2	H	N° F.P.	25	30.36	6.40	1.28	21.09	20.00	45.00	30.00
D2	M	N° F.P.	25	24.24	4.54	0.91	18.73	14.00	31.00	24.00



## Anexo 2: ANVA Para diámetro de fibra en alpacas ce la raya.

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Micras Fibra	100	0.14	0.11	9.38

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	50.67	3	16.89	5.23	0.0022
DENSIDAD	15.52	1	15.52	4.81	0.0307
SEXO	13.99	1	13.99	4.33	0.0400
DENSIDAD*SEXO	21.16	1	21.16	6.56	0.0120
Error	309.86	96	3.23		
Total	360.53	99			

### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 3.2277 gl: 96

DENSIDAD Medias n E.E.

D1 18.75 50 0.25 A

D2 19.54 50 0.25 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 3.2277 gl: 96

SEXO Medias n E.E.

H 18.77 50 0.25 A

M 19.52 50 0.25 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 3.2277 gl: 96

DENSIDAD SEXO Medias n E.E.

D1 H 17.92 25 0.36 A

D2 M 19.45 25 0.36 B

D1 M 19.58 25 0.36 B

D2 H 19.62 25 0.36 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Nueva tabla: 15/06/2022 - 12:51:23 a. m. - [Versión: 30/04/2020]

### Medidas resumen

DENSIDAD	SEXO	Variable	n	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín	Máx	Mediana
D1	H	Micras Fibra	25	17.92	1.70	0.34	9.50	15.50	22.20	17.70
D1	M	Micras Fibra	25	19.58	1.62	0.32	8.29	17.30	24.20	19.30
D2	H	Micras Fibra	25	19.62	1.87	0.37	9.51	16.00	24.40	19.30
D2	M	Micras Fibra	25	19.45	1.97	0.39	10.14	16.80	23.20	18.90



### Anexo 3: ANVA Para factor confort en alpacas ce la raya.

Nueva tabla: 15/06/2022 - 12:57:34 a. m. - [Versión: 30/04/2020]

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
F. Confort	100	0.07	0.04	3.03

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	63.67	3	21.22	2.50	0.0644
DENSIDAD	18.75	1	18.75	2.20	0.1409
SEXO	6.60	1	6.60	0.78	0.3804
DENSIDAD*SEXO	38.32	1	38.32	4.51	0.0364
Error	816.37	96	8.50		
Total	880.04	99			

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 8.5038 gl: 96

DENSIDAD	Medias	n	E.E.	
D2	95.79	50	0.41	A
D1	96.66	50	0.41	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 8.5038 gl: 96

SEXO	Medias	n	E.E.	
M	95.97	50	0.41	A
H	96.48	50	0.41	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 8.5038 gl: 96

DENSIDAD	SEXO	Medias	n	E.E.	
D2	H	95.43	25	0.58	A
D1	M	95.78	25	0.58	A
D2	M	96.16	25	0.58	A B
D1	H	97.54	25	0.58	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Nueva tabla: 15/06/2022 - 12:58:23 a. m. - [Versión: 30/04/2020]

#### Medidas resumen

DENSIDAD	SEXO	Variable	n	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín	Máx	Mediana
D1	H	F. Confort	25	97.54	2.20	0.44	2.25	89.90	99.50	98.50
D1	M	F. Confort	25	95.78	3.63	0.73	3.79	81.10	98.90	96.60
D2	H	F. Confort	25	95.43	3.11	0.62	3.25	85.80	99.20	96.00
D2	M	F. Confort	25	96.16	2.52	0.50	2.62	90.30	98.40	97.30



## Anexo 4: ANVA Para longitud en alpacas ce la raya.

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
long	100	0.05	0.02	10.60

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7.49	3	2.50	1.80	0.1517
DENSIDAD	6.50	1	6.50	4.70	0.0327
SEXO	0.56	1	0.56	0.41	0.5253
DENSIDAD*SEXO	0.42	1	0.42	0.31	0.5819
Error	132.86	96	1.38		
Total	140.35	99			

### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 1.3840 gl: 96

DENSIDAD Medias n E.E.

D1 10.84 50 0.17 A

D2 11.35 50 0.17 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 1.3840 gl: 96

SEXO Medias n E.E.

H 11.02 50 0.17 A

M 11.17 50 0.17 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 1.3840 gl: 96

DENSIDAD SEXO Medias n E.E.

D1 H 10.70 25 0.24 A

D1 M 10.98 25 0.24 A

D2 H 11.34 25 0.24 A

D2 M 11.36 25 0.24 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Nueva tabla: 15/06/2022 - 12:53:55 a. m. - [Versión: 30/04/2020]

### Medidas resumen

DENSIDAD	SEXO	Variable	n	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín	Máx	Mediana
D1	H	long	25	10.70	0.85	0.17	7.98	9.00	12.00	10.50
D1	M	long	25	10.98	1.15	0.23	10.47	9.00	14.00	10.50
D2	H	long	25	11.34	1.13	0.23	10.00	9.50	14.00	11.50
D2	M	long	25	11.36	1.48	0.30	13.05	7.00	13.50	11.50



## Anexo 5: ANVA Para peso vellón en alpacas ce la raya.

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
P-vellón	100	0.21	0.18	19.48

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.50	3	0.83	8.30	0.0001
DENSIDAD	2.45	1	2.45	24.45	<0.0001
SEXO	2.3E-04	1	2.3E-04	2.2E-03	0.9623
DENSIDAD*SEXO	0.05	1	0.05	0.46	0.4986
Error	9.62	96	0.10		
Total	12.11	99			

### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.1002 gl: 96

DENSIDAD Medias n E.E.

D2 1.47 50 0.04 A

D1 1.78 50 0.04 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.1002 gl: 96

SEXO Medias n E.E.

H 1.62 50 0.04 A

M 1.63 50 0.04 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.1002 gl: 96

DENSIDAD SEXO Medias n E.E.

D2 M 1.45 25 0.06 A

D2 H 1.49 25 0.06 A

D1 H 1.76 25 0.06 B

D1 M 1.80 25 0.06 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Nueva tabla: 15/06/2022 - 12:56:05 a. m. - [Versión: 30/04/2020]

### Medidas resumen

DENSIDAD	SEXO	Variable	n	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín	Máx	Mediana
D1	H	P-vellón	25	1.76	0.41	0.08	23.04	1.00	2.80	1.80
D1	M	P-vellón	25	1.80	0.17	0.03	9.26	1.50	2.00	1.80
D2	H	P-vellón	25	1.49	0.29	0.06	19.43	1.00	2.10	1.50
D2	M	P-vellón	25	1.45	0.35	0.07	24.43	1.00	2.20	1.50





## Anexo 6: Correlaciones entre variables.

FOLICULO PILOSO

Nueva tabla: 15/06/2022 - 10:40:13 a. m. - [Versión: 30/04/2020]

### **Coefficientes de correlación**

*Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades*

	Diámetro de fibra	Folículo piloso
Diámetro de fibra	1.00	0.06
Folículo piloso	<b>-0.19</b>	1.00

DENSIDAD ALTA

Nueva tabla\_1: 15/06/2022-10:45:56 a.m. - [Versión: 30/04/2020]

### **Coefficientes de correlación**

*Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades*

	Folículo piloso	Diámetro de fibra
Folículo piloso	1.00	0.06
Diámetro de fibra	<b>-0.27</b>	1.00

DENSIDAD BAJA

Nueva tabla: 15/06/2022 - 4:47:26 p. m. - [Versión: 30/04/2020]

### **Coefficientes de correlación**

*Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades*

	Folículo piloso	Diámetro de fibra
Folículo piloso	1.00	0.59
Diámetro de fibra	<b>-0.08</b>	1.00

## ANEXO A.

Figura 5. Alpacas Huacaya para el muestreo de fibra en el C.E. la Raya.



Figura 6. Toma de biopsia de piel en el costillar medio del animal.



Figura 7. Obtención de muestras de fibra.



Figura 8. Identificación y rotulado de muestra de fibra.

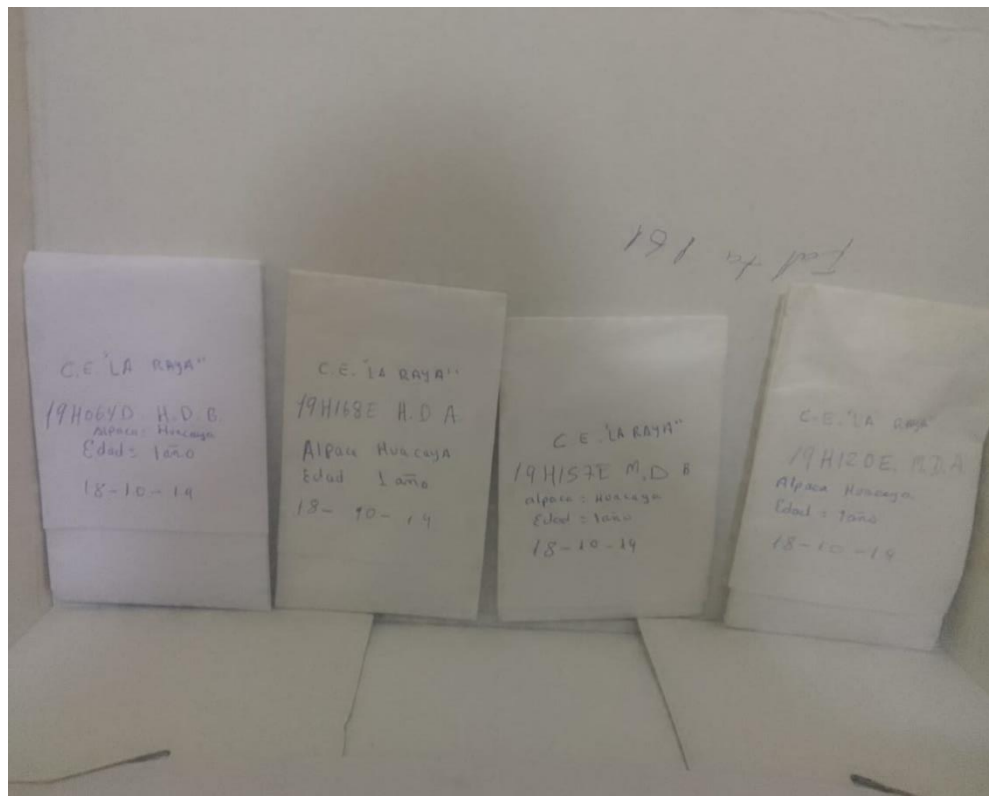


Figura 9. Registro de datos como arete del animal y otros.



Figura 10. Muestras recolectadas de fibra para el envío a PECSA.





Figura 11. Equipo de OFDA 2000 del Proyecto Especial Camélidos Sudamericanos PECSA Región Puno.



Figura 12. Calibración del equipo OFDA con el slide usando patrones de fibra de poliéster estándar para fibra de alpaca.

