



# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

## ESCUELA DE POSGRADO

### DOCTORADO EN CIENCIA, TECNOLOGIA Y

### MEDIO AMBIENTE



#### TESIS

### CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS Y DENSIDAD FOLICULAR DE LA FIBRA DE LLAMAS CH'AKU Y Q'ARA (*Lama glama*) DEL DISTRITO DE COTARUSE - APURÍMAC

#### PRESENTADA POR:

**VIRGILIO MACHACA MACHACA**

#### PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

**DOCTORIS SCIENTIAE EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE**

**PUNO, PERÚ**

2022



AL DEL ALTIPLANO

OSGRADO

IA, TECNOLOGIA Y

BIENTE

Y DENSIDAD FOLICULAR DE LA  
RA (*Lama glama*) DEL DISTRITO DE  
-APURÍMAC

A POR:

A MACHACA



# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

## ESCUELA DE POSGRADO

### DOCTORADO EN CIENCIA, TECNOLOGIA Y

### MEDIO AMBIENTE

#### TESIS

#### CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS Y DENSIDAD FOLICULAR DE LA FIBRA DE LLAMAS CH'AKU Y Q'ARA (*Lama glama*) DEL DISTRITO DE COTARUSE-APURÍMAC

PRESENTADA POR:

VIRGILIO MACHACA MACHACA



PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

DOCTORIS SCIENTIAE EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

APROBADA POR EL JURADO SIGUIENTE:

PRESIDENTE

  
.....  
Dr. Ceferino Uberto Olarte Daza

PRIMER MIEMBRO

  
.....  
Dr. Julio Malaga Apaza

SEGUNDO MIEMBRO

  
.....  
Dr. Bilo Wenceslao Calsin Calsin

ASESOR DE TESIS

  
.....  
Dr. Edgar Apaza Zuñiga

Puno, 16 de noviembre de 2022

ÁREA: Ciencia biomédicas

TEMA: Características tecnológicas y densidad folicular de la fibra de llamas Ch'aku y Q'ara (*Lama glama*) del distrito de Cotaruse - Apurímac



## DEDICATORIA

A Dios, el principio de todas las cosas, fuente de vida y luz que brilla en mi camino.

A la memoria de mi padre Florencio, quien supo encaminar a sus hijos hacia el logro de sus metas.

A mi adorada madre Teresa, con todo amor, quien encaminó la senda de mi formación profesional para llegar a este logro de mi vida. Te quiero mucho.

A mis queridos hijos, Alex, Ever y James, por su apoyo y motivación, quienes me han dado las fuerzas y apoyo incondicional.

A Yolanda, con el mayor afecto, por su comprensión y deseos de superación.

A mis hermanos, Héctor, Margarita y Roger, con mucho aprecio; y a mis sobrinos, Renzo y Erick con mucho cariño.

A mi amiga y colega con mucho cariño: Eliana quien, con su motivación me impulsó a seguir adelante.



## AGRADECIMIENTOS

A la universidad Nacional del Altiplano, a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, y a todos los docentes que lo conforman, por haberme formado profesional.

Al Dr. Jesús Quispe Coaquira†, por su invaluable aporte intelectual como director de esta investigación, su calidad profesional, profesor, amigo y guía.

Al Dr. Edgar Apaza Zuñiga, por su apoyo como asesor en la presente investigación.

A mis jurados Dr. Uberto Olarte Daza, Dr. Julio Malaga Apaza y al Dr. Bilo Calsin Calsin, por su apoyo en la culminación de esta investigación.

Al PhD. Oscar Elisban Gómez Quispe por su apoyo en el procesamiento y análisis de datos, lo que permitió alcanzar mis objetivos.

Al Dr. Ciriaco y Dra. Belinda, por su apoyo incondicional, en el Laboratorio de Histología, de la Universidad Nacional del Altiplano UNA-Puno.

A los productores de camélidos del distrito de Cotaruse (Apurímac), quienes me apoyaron incondicionalmente para la culminar del presente trabajo de investigación.

A todos mis amigos docentes de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac y de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno.



## ÍNDICE GENERAL

	Pag.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN:	xi
ABSTRACT:	xii
INTRODUCCIÓN	1

## CAPÍTULO I

### REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco teórico	3
1.1.1. Generalidades	3
1.1.2. Definición de la raza	4
1.1.3. Origen de los camélidos y la llama	4
1.1.4. Domesticación de las llamas	4
1.1.5. Población nacional de llamas	5
1.1.6. Clasificación taxonómica de la llama	5
1.1.7. Características de la fibra de llamas	5
1.1.8. Características tecnológicas de la fibra de llama	6
1.1.9. Componentes de la fibra	9
1.1.10. Densidad de la fibra	10
1.1.11. Características de la piel	11
1.1.12. Característica y estructuras histológicas de la dermis en llamas	11
1.1.13. Organización de los folículos pilosos en camélidos sudamericanos	12
1.1.14. Densidad folicular	13
1.1.15. Correlación	13
1.2 Antecedentes	14
1.2.1. Características tecnológicas de la fibra de llamas	14
1.2.2. Piel de la llama	18
1.2.3. Densidad folicular de la piel	19
1.2.4. Descerdado de la fibra	20
1.2.5. Zonas de muestreo	21
1.2.6. Correlaciones	22



## CAPÍTULO II

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Identificación del problema	23
2.2 Enunciados del problema	24
2.2.1. Pregunta general	24
2.2.2. Pregunta específico	25
2.3 Justificación	25
2.4 Objetivos	26
2.4.1 Objetivo general	26
2.4.2 Objetivos específicos	26
2.5 Hipótesis	27
2.5.1 Hipótesis general	27
2.5.2 Hipótesis específicas	27
2.6. Variables de estudio	28

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudios	29
3.2 Población	30
3.3 Muestra	30
3.4 Método de investigación	31
3.4.1. Toma de muestras	31
3.4.2. Muestras de densidad de fibra	31
3.4.3. Método del descerdao de las fibras	32
3.4.4. De laboratorio	33
3.5 Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	33
3.5.1 Método para las características tecnológicas y densidad folicular	33
3.5.2. Procedimiento para densidad folicular	34
3.5.3. Proceso de coloración Hematoxilina Eosina	36
3.5.4. Lectura de imágenes	37
3.5.5. Aplicación de pruebas estadísticas	38

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efecto del descerdao sobre las características tecnológicas en fibra de llamas Ch'aku y Q'ara.	42
4.2. Características tecnológicas de la fibra sin-descerdar y descerdao en las llamas	46
4.2.1 Características tecnológicas de la fibra sin-descerdar y descerdao en llamas Ch'aku.	46



4.2.2. Características tecnológicas de la fibra sin-descerदार y descerदार en llamas Q'ara	52
4.3. Densidades foliculares de la fibra de llamas Ch'aku y Q'ara	57
4.3.1. Densidades foliculares de la fibra de llamas Ch'aku	58
4.3.2. Densidades foliculares de la fibra de llamas Q'ara	64
4.4. Relaciones entre características tecnológicas de la fibra y densidades foliculares de la piel de llamas.	70
4.4.1. Correlaciones entre características tecnológicas de la fibra y densidades foliculares de la piel de llamas Ch'aku	70
4.4.2. Correlaciones entre características tecnológicas de la fibra y densidades foliculares de la piel de llamas Q'ara.	72
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>75</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>76</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>77</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>89</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

1. Población nacional de llamas Ch'aku y Q'ara	5
2. Operacionalización de variables	28
3. Efecto del descerdao sobre las características tecnológicas en la fibra de llamas Ch'aku y Q'ara.	43
4. Media de las características tecnológicas de la fibra de llamas Ch'aku sin-descerdar y descerdao, según grupo etario y región corporal.	46
5. Media de las características tecnológicas de la fibra de llamas Q'ara, sin descerdar y descerdao por grupo etario y región corporal.	53
6. Media de la densidad de folículos primarios, media de la densidad de folículos secundarios, media de la densidad folicular y media del índice folicular en la piel de llamas Ch'aku y Q'ara	57
7. Media de la densidad de folículos primarios, media de la densidad de folículos secundarios, media de la densidad folicular y media del índice folicular por sexo, grupo etario y región corporal en la piel de llamas Ch'aku.	58
8. Media de la densidad de folículos primarios, media de la densidad de folículos secundarios, media de la densidad folicular y media del índice folicular de la piel de llamas Q'ara por sexo, grupo etario e interacción.	66



## ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Clasificación de las fibras	6
2.	Factor de confort en la piel. Figura tomado de Garnsworthy et al. (1988)	8
3.	Ubicación de la región de Apurímac y la provincia de Aymaraes	29
4.	Regiones corporales de muestreo	30
5.	Folículos primario y secundario de la fibra de llamas Ch'aku	60
6.	Interacción Grupo etario × Sexo de MIFo (Media del índice folicular) en llama Ch'aku	63
7.	Folículos primario y secundario de la fibra de llamas Q'ara	65
8.	Interacción Grupo etario × Sexo de MIFo (Media del índice folicular) en llama Q'ara.	69
9.	Correlaciones entre las características tecnológicas y densidades foliculares en llama Ch'aku. DMF diámetro medio de la fibra, CF factor de confort, CRV índice de curvatura, MDFo media de la densidad folicular y MIFo media del índice folicular. Las significancias *** 0.001, **0.01 y *0.05	71
10.	Correlación entre las características tecnológicas y densidades foliculares en llamas Q'ara. DMF diámetro medio de la fibra, CF factor de confort, CRV índice de curvatura, MDFo media de la densidad folicular y MIFo media del índice folicular. Las significancias *** 0.001, **0.01, *0.05.	73



## ÍNDICE DE ANEXOS

1. Toma de muestras de fibras en llamas	89
2. Biopsia en el animal	89
3. Muestra de fibra sin descerदार y descerदार	90
4. Pelos y fibras	90
5. Equipo OFDA 2000 UNSAAC	91
6. Muestras de biopsia de la piel de llamas	91
7. Tacos de Leukart	92
8. Proceso de coloración	92
9. Análisis de varianza del modelo: $DMF = \text{raza} \times \text{grupo etario} \times \text{región corporal} \times \text{tipo de fibra e interacciones}$	93
10. Análisis de varianza del modelo: $CVDMF = \text{raza} \times \text{grupo etario} \times \text{región corporal} \times \text{tipo de fibra e interacciones}$ .	93
11. Análisis de varianza del modelo: $CRV = \text{raza} \times \text{grupo etario} \times \text{región corporal} \times \text{tipo de fibra e interacciones}$ .	94
12. Análisis de varianza del modelo: $CFt = \text{raza} \times \text{grupo etario} \times \text{región corporal} \times \text{tipo de fibra e interacciones}$ .	94
13. Análisis de varianza del modelo: $SDt \sim \text{raza} \times \text{grupo etario} \times \text{región corporal} \times \text{tipo de fibra e interacciones}$ .	95
14. Llamas Ch'aku sin descerदार: $DMF = \text{Grupo etario} \times \text{Región}$	95
15. Llamas Ch'aku descerदार: $DMF = \text{Edad} \times \text{Región}$	95
16. Llamas Ch'aku sin descerदार: $CV\_Mic = \text{Grupo etario} \times \text{Región}$	96
17. Llamas Ch'aku descerदार: $CV\_Mic = \text{Grupo etario} \times \text{Región}$	96
18. Llamas Ch'aku sin-descerदार: $CRV = \text{Grupo etario} \times \text{Región}$	96
19. Llamas Ch'aku descerदार: $CRV = \text{Grupo etario} \times \text{Región}$	96
20. Llamas Ch'aku sin-descerदार: $CF = \text{Grupo etario} \times \text{Región}$	96
21. Llamas Ch'aku descerदार: $CF = \text{Grupo etario} \times \text{Región}$	96
22. Llamas Ch'aku sin-descerदार: $SD = \text{Grupo etario} \times \text{Región}$	97
23. Llamas Ch'aku descerदार: $SD = \text{Grupo etario} \times \text{Región}$	97



24. Llamas Q'ara sin-descerdado: DMF = grupo etario × Región	97
25. Llamas Q'ara descerdado: DMF = grupo etario × Región	97
26. Llamas Q'ara sin descerdar: CV Mic = Grupo etario × Región	97
27. Llamas Q'ara descerdado: CV Mic = grupo etario × región	98
28. Llamas Q'ara sin descerdar: CRV = grupo etario × región	98
29. Llamas Q'ara descerdado: CRV = Grupo etario × región	98
30. Llamas Q'ara sin descerdar: CF = grupo etario × región	98
31. Llamas Q'ara descerdado: CF = grupo etario × región	98
32. Llamas Q'ara sin descerdar: SD = grupo etario × región	98
33. Llamas Q'ara descerdado: SD = grupo etario × región	99
34. Modelo llamas (Ch'aku y Q'ara): MDFP= sexo × grupo etario × región × raza variable respuesta: MDFP (Media de la densidad de folículos primarios)	99
35. Modelo llamas (Ch'aku): MDFP= sexo × grupo etario × región variable respuesta: MDFP (Media de la densidad de folículos primarios)	99
36. Modelo llamas (Q'ara): MDFP = sexo × grupo etario × región variable respuesta: MDFP (Media de la densidad de folículos primarios)	100
37. Modelo llamas (Ch'aku y Q'ara): MDFS= sexo × grupo etario × región × raza variable respuesta: MDFS (Media de la densidad de folículos secundarios)	100
38. Modelo llamas (Ch'aku): MDFS= sexo × grupo etario × región variable respuesta: MDFS (Media de la densidad de folículos secundarios)	100
39. Modelo llamas (Q'ara): MDFS= sexo × grupo etario × región variable respuesta: MDFS (Media de la densidad de folículos secundarios)	101
40. Modelo llamas (Ch'aku y Q'ara): MDFo= sexo × grupo etario × región × raza variable respuesta: MDFo (Media de la densidad folicular)	101
41. Modelo llamas (Ch'aku): MDFo= sexo × grupo etario × región variable respuesta: MDFo (Media de la densidad folicular)	101
42. Modelo llamas (Q'ara): MDFo= sexo × grupo etario × región variable respuesta: MDFo (Media de la densidad folicular)	102
43. Modelo llamas (Ch'aku y Q'ara): MIFo= sexo × grupo etario × región × raza variable respuesta: MIFo (Media del índice folicular)	102
44. Modelo llamas (Ch'aku): MIFo=sexo × grupo etario × región variable respuesta: MIFo (Media del índice folicular)	102



45. Modelo llamas (Q'ara): MIFo= sexo  $\times$  grupo etario  $\times$  región variable respuesta: MIFo (Media del índice folicular) 103
46. Efectos de las densidades foliculares MDFP (media de la densidad de folículos primarios, MDfS (media de la densidad de folículos secundarios), MDfO (Media de la densidad folicular) y MIFo (media de la densidad del índice folicular) de la piel de llamas Ch'aku y Q'ara por sexo (S), grupo etario (GE), región corporal (RC), raza (RA) e interacción. 103

## RESUMEN:

El vellón de la llama (*Lama glama*) posee doble capa de fibras, que genera una mayor variación en la calidad. El objetivo fue determinar las características tecnológicas, densidad folicular y correlaciones en la fibra de llamas Ch'aku y Q'ara en fibra sin descerदार y descerदार. Para cumplir los objetivos se utilizaron 960 muestras de fibra y 393 biopsias de piel, distribuidos por edad, sexo, región corporal y razas, respectivamente. La información fue analizada mediante un diseño completamente al azar con un arreglo factorial y correlación de Spearman. Los resultados para el diámetro de fibra sin descerदार fue  $22.19 \pm 0.20$  y  $25.88 \pm 0.19$   $\mu\text{m}$ , al descerदार  $20.92 \pm 0.19$  y  $24.47 \pm 0.18$   $\mu\text{m}$ , en llamas Ch'aku y Q'ara, respectivamente. El descerदार de la fibra disminuye el diámetro medio de la fibra, desviación estándar, coeficiente de variabilidad y aumenta el factor de confort e índice de curvatura. Los folículos primarios, folículos secundarios, densidad folicular e índice folicular fueron afectados por la edad en ambas razas. El sexo afectó sobre los folículos secundarios y densidad folicular en llamas Ch'aku, y folículos primarios en Q'ara. La región corporal afectó a los folículos secundarios y densidad folicular en Ch'aku, y a folículos primarios en llamas Q'ara. En llamas Ch'aku y Q'ara se encontraron correlaciones negativas entre DMF con FC, CRV; MDFO y MIFO. Se concluye que el descerदार mejora el vellón de ambas razas, fibras más homogéneas, alto factor de confort, mejor índice de curvatura, asimismo, la media densidad e índice folicular en llamas Ch'aku y Q'ara fueron similares.

**Palabras clave:** Camélidos, diámetro de fibra, fibra descerदार, folículos pilosos, folículos primarios



### ABSTRACT:

The llama (*Lama glama*) fleece has a double layer of fibers, which generates a greater variation in quality. The objective was to determine the technological characteristics, follicular density and correlations in the fiber of Ch'aku and Q'ara llamas in undehorned and dehorned fiber. To meet the objectives, 960 fiber samples and 393 skin biopsies were used, distributed by age, sex, body region and breeds, respectively. The information was analyzed using a completely randomized design with a factorial arrangement and Spearman correlation. The results for the fiber diameter without dehairing were  $22.19 \pm 0.20$  and  $25.88 \pm 0.19$   $\mu\text{m}$ , dehairing  $20.92 \pm 0.19$  and  $24.47 \pm 0.18$   $\mu\text{m}$ , in Ch'aku and Q'ara llamas, respectively. The dehairing of the fiber decreased the mean fiber diameter, standard deviation, coefficient of variability and increased the comfort factor and curvature index. Primary follicles, secondary follicles, follicular density, and follicular index were affected by age in both breeds. Sex had an effect on secondary follicles and follicular density in Ch'aku llamas, and primary follicles in Q'ara. Body region affected secondary follicles and follicular density in Ch'aku, and primary follicles in Q'ara llamas. In Ch'aku and Q'ara llamas negative correlations were found between DMF with FC, CRV, MDFo and MIFo. It is concluded that improves the fleece of both breeds more homogeneous fibers, high comfort factor, better curvature index, also, the average density and follicular index in Ch'aku and Q'ara llamas were similar.

**Keywords:** Camelids, fiber diameter, dehairing fiber, hair follicles, primary follicles.

## INTRODUCCIÓN

El Perú ocupa el segundo lugar en la producción de llamas en el mundo, y a nivel nacional se tiene una población de 746,269 llamas, donde la región Puno es considerada como el primer productor con 237,669 (32%), y la región de Apurímac contribuye con 36,042 (4.8%) de la población nacional ocupando el séptimo lugar (CENAGRO, 2012). Se conoce que la producción de fibra de llama está en 667 TM a nivel nacional, y a nivel de Apurímac en 31 TM anuales (MINAGRI, 2019).

Actualmente, las llamas son criados principalmente en países sudamericanos, pero también se han adaptado muy bien en otros países (Australia, Nueva Zelanda, Polonia, entre otros) de varios continentes, debido al recurso fibra (Radzik-Rant & Wiercińska, 2021) y carne. En Perú, la producción de llamas se encuentra en altitudes mayores de 3,800 msnm donde la agricultura es imposible (Quispe et al., 2009). Estos camélidos, aportan carne, energía de trabajo, y fibra, siendo este último de prioridad. Se ha informado una esquila de alrededor del 34% de llamas, y una producción nacional de 667 TM de fibra que fueron comercializados a S/. 5.94/kg antes de la Pandemia (MINAGRI, 2019), precio fijado debido a su natural contenido alto de fibras gruesas (Stemmer et al., 2005).

La esquila solo se practica en las llamas de la raza Ch'aku en menor cuantía, y está en función al precio del mercado, su venta se realiza en broza en el mercado local a precios muy bajos (MINAGRI, 2017, 2019). El precio de la fibra de llama es menor en un 64% comparado con la fibra de alpaca, y su comercialización se realiza en bajos volúmenes (Hick et al., 2014). Por otro lado, las fibras de calidad –fibras finas– o de menor diámetro y más densas, se destinan a la fabricación de vestidos, chompas, sacos y otros tejidos. En cambio, las fibras sobresalientes –fibras gruesas– llamados pelo, se destinan a la elaboración de tapices, sogas, tejidos burdos, entre otros. Los cuales son favorecidos por procesos de erosión genética, motivados por el bajo precio de la fibra, la concentración de la comercialización en un reducido número de grupos textiles y las limitaciones en el mercado internacional. Además, en las zonas de crianza de llamas, hay un proceso de reducción del número de llamas por cruzamientos indebidos (Ruiz de Castilla, 2006).

En este contexto, el descordado de la fibra de la llama Ch'aku, constituye una alternativa para incrementar el factor de confort de un vellón. Asimismo, ayuda en mejorar la calidad del teñido e hilado para la confección de prendas, y en consecuencia, las fibras de origen animal previa transformación como el cardado o peinado, mejoran los ingresos en los



productores de llamas (Quispe et al., 2015). Además, poco se conoce, sobre los folículos primarios y secundarios, este conocimiento es importante, ya que para el mejor aprovechamiento de las bondades de la fibra, la industria debe elaborar prendas de vestir con bajo factor de picazón (Badajoz et al., 2007). Utilizando el descordado, la intención no es obtener una alta producción de fibras finas (Quispe *et al.*, 2009), sino mejorar la calidad textil de la fibra de llamas (Siguyro, 2009; Quispe *et al.*, 2015). En este trabajo de investigación se ha estudiado las características tecnológicas de la fibra en las llamas, y la densidad folicular de la piel de estos animales. Los resultados de esta investigación permitirán contribuir a los futuros programas de mejora genética en los rebaños de llamas de las familias campesinas, y visualizar las potencialidades del uso de la fibra en la industria textil, finalmente contribuirá a la mejora de la calidad de confort y productividad del productor alto andino.



## CAPÍTULO I

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 1.1 Marco teórico

##### 1.1.1. Generalidades

Brenes et al. (2001), indica que la crianza de llamas está olvidada en los ámbitos próximos a las cordilleras a más de 3,900 metros de altitud. Asimismo, señala que la producción de fibra debe de orientarse al mercado internacional, ya que actualmente pocos productores impulsan la crianza selectiva de llamas. Según el autor, la producción de esta especie requiere de tecnologías avanzadas para incrementar su producción y productividad, y lograr una competitividad en el mercado local e internacional, lo que constituye un elemento básico para mejorar la calidad de vida de los productores de los camélidos.

La “Asociación Internacional de la Alpaca”, ha catalogado la fibra de llama sin cerdas como fibra de alpaca, por esta razón, la fibra de llama esta manejado como fibra de alpaca en la industria textil (Aylan-Parker & McGregor, 2002). De este modo, la producción de llamas a través de su fibra, contribuye en la economía de los criadores de los altos Andes de la sierra peruana (FAO, 2005).

El medio donde viven los camélidos sudamericanos son extensas áreas ecológicas a una altitud de 3,800 a 4,500 msnm. El clima es muy variado desde -8 a 12 °C de temperatura y las lluvias se encuentran entre 400 y 700 mm, donde el hábitat de las llamas abarca desde Ecuador hasta Argentina. En estas zonas desde el norte del Páramo (Ecuador) hasta el sur, las llamas prefieren pastos altos, y eligen preferentemente pastar en lugares más secos (Brenes et al., 2001). Sin embargo, estos ámbitos caracterizados por cambios bruscos medio ambientales, no favorecen el desarrollo humano (Ruiz de Castilla, 2006).

### 1.1.2. Definición de la raza

Sobre las razas en llamas se concluye, la existencia de dos razas primarias, derivado de la primera diferenciación intraespecífica posdomesticación por la consecuencia de “shock genético” (Renieri et al., 2008). Las llamas están divididas en la raza Ch’aku, que tiene fibra abundante y de mayor diámetro (Wheeler, 1991), y la Q’ara que tiene fibra de poca calidad (Bonacic, 1991; Quispe et al., 2009).

### 1.1.3. Origen de los camélidos y la llama

La familia Camelidae se originó en Norte América durante el Eoceno hace más de 40 a 45 millones de años (Ma), la división en dos tribus: Lamini y Camelini, quizá ocurrió hace 11 Ma. Las migraciones hacia América del Sur ocurrió hace 3 Ma, y los géneros *Lama* y *Vicugna* aparecieron hace 2 Ma (Ruiz de Castilla, 2006).

Los camélidos migraron a América del Sur en el comienzo de la época del Pleistoceno por el “Istmo de Panamá”, formando una serie de islas que finalmente se interconectó. El principal género de camélidos sudamericanos más antiguo que aparece en América del Sur fue la *Hemiauchenia* (Fowler & Bravo, 2010).

En Suramérica se tiene las variedades de la tribu “Lamini, la vicuña y el guanaco en forma silvestre; la alpaca y la llama en forma doméstica”. Su taxonomía es Lamini, pero otros denominan dos especies, la llama y el guanaco en variedad Lamay, donde la alpaca y vicuña pertenecen a la especie *Vicugna*, y la alpaca es domesticada de la vicuña, y la llama del guanaco (Ruiz de Castilla, 2006).

### 1.1.4. Domesticación de las llamas

Según, Fowler & Bravo (2010), la cuna de la domesticación de llamas fue la Puna de la cordillera de los Andes (4,000 a 4,900 m), aproximadamente entre 4,000 y 5,000 a.C. La llama se extendió en toda la Puna y cobró importancia en la economía del pueblo Andino desde la costa hasta las montañas elevadas. El imperio inca dependía de la llama y la alpaca para la alimentación, combustible, ropa y transporte de mercancías.

Las llamas fueron criadas y utilizadas por muchas culturas a nivel de la costa, en los años 400-1,400 a.C. en el Horizonte Temprano, entre 550-900 d.C. en el Horizonte Medio. La cultura Tiawanaco en el Altiplano comienza con la crianza de grandes

rebaños de alpacas y llamas (Shimada & Shimada, 1985). La llama fue originada a partir del guanaco (Ruiz de Castilla, 2006).

#### 1.1.5. Población nacional de llamas

En todo el Perú se estima una población total de 746,260 cabezas, de llamas Ch'aku y Q'ara, la región de Apurímac tiene 36,042 entre Ch'aku y Q'ara, según (CENAGRO, 2012) a Apurímac le corresponde 4.83% para las dos razas como se muestra en la Tabla 1, ubicándose en el séptimo lugar en la población a nivel nacional en la producción de llamas.

Tabla 1.  
Población nacional de llamas Ch'aku y Q'ara

Región	N° de llamas	%
Puno	237 669.00	31.85
Cusco	121 898.00	16.33
Arequipa	102 536.00	13.74
Huancavelica	54 600.00	7.32
Cerro de Pasco	43 970.00	5.89
Ayacucho	43 961.00	5.89
Apurímac	36 042.00	4.83
Junín	36 042.00	4.83
Otros	69 551.00	9.32
Total nacional	746,269.00	100.00

Fuente: CENAGRO (2012)

#### 1.1.6. Clasificación taxonómica de la llama

Según la taxonomía descrita por: Fowler & Bravo, (2010), la llama pertenece a la tribu Lamini, Genero Lama y especie "*Lama glama*".

#### 1.1.7. Características de la fibra de llamas

Su fibra se encuentra incluida dentro de la clasificación de fibras animales. La Figura 1, muestra la ubicación de la fibra de la llama en fibras naturales. Está clasificada como una característica productiva por su "diámetro medio de la fibra, coeficiente de variabilidad, factor de confort, e índice curvatura" (Quispe et al., 2013).

El crecimiento de la fibra está mediada por varios factores. Entre ellos, tenemos a los factores hormonales, factores de "crecimiento" y sus propias sustancias elaboradas en los folículos pilosos (Krause & Foitzik, 2006). A la vez, algunos factores endocrinos como "prolactina, glucocorticoides, andrógenos y estrógenos" afectan el desarrollo de la lana "fibra", y otros específicos como el masaje y calor que incrementan la función

del metabolismo para favorecer el mayor desarrollo de la fibra. También, están involucrados factores genéticos que afectan la “textura y la densidad pilosa. Influyen también, la nutrición sobre la calidad y cantidad de la fibra” (Sosa, 2006).

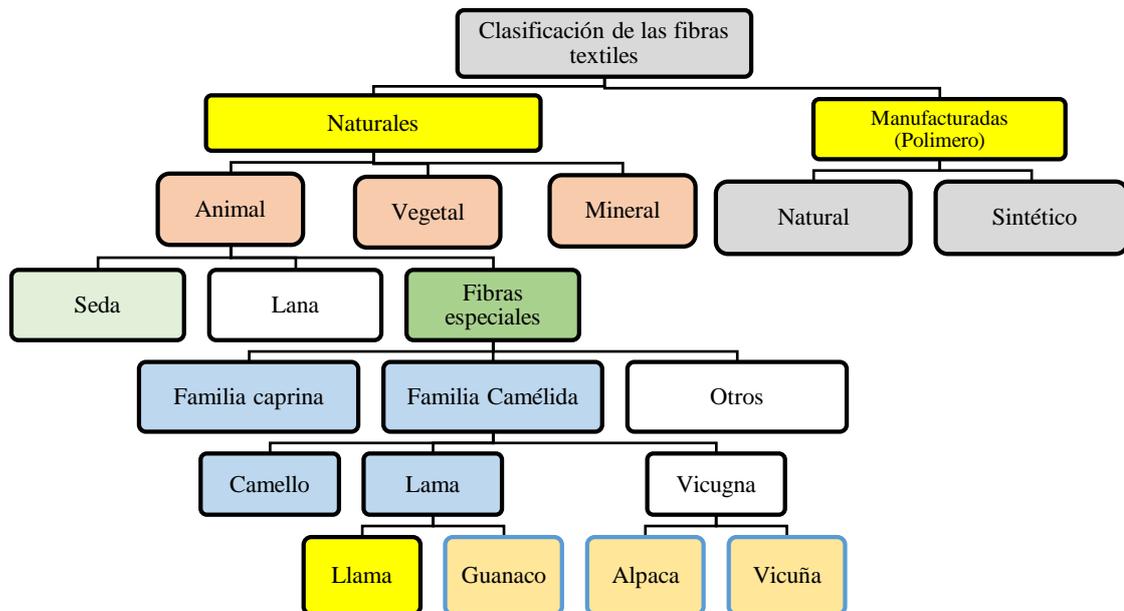


Figura 1. Clasificación de las fibras

### 1.1.8. Características tecnológicas de la fibra de llama

#### a. Diámetro de fibra

El diámetro depende ampliamente de la calidad de la fibra, mientras que la longitud determina el proceso de la misma. Otro aspecto que juega un rol importante es la evaluación económica que depende de la finura, estas características son las más susceptibles a sufrir variación que se percibe a lo largo de la fibra, a través de su ubicación dentro del cuerpo del animal y entre individuos dentro de una misma raza. El diámetro de fibra, es el factor más importante en la selección de la fibra, porque fija el precio en el mercado local e internacional, y la comercialización se realiza por el pesado de vellones de fibra (Villarroel, 1963). En los años pasados, los productores se incentivaron por la finura de vellón, ya que el acceso a la fibra de buena calidad mejora los ingresos. En la actualidad los gobiernos locales y centrales están impulsando en investigación y desarrollo paralelo con el avance de la ciencia y tecnología para favorecer a los productores en camélidos sudamericanos, quienes tendrían mayores oportunidades en reducir el micronaje de la fibra (Hoffman & Fowler, 1995).

Según, Aylan-Parker & McGregor (2002), cuando se realiza el muestreo de fibras se debe hacer en dirección horizontal, paralelo a la “tercera costilla” y perpendicular a la parte medial, entre la línea dorsal y ventral del animal; utilizando esta metodología se ha demostrado en alpacas, que la zona midside “costillar medio” es la zona más característica para evaluar la fibra, lo mismo que se ha utilizado en la selección de animales para la mejora genética. En cambio, en otros estudios se ha utilizado tres zonas de muestreo, “paleta, costillar medio y grupa”, lo mismos que acarrear mayores costos en la evaluación de la fibra (Huanca et al., 2007).

Niveles inferiores en energía y proteína adelgaza la fibra del animal (Franco et al., 2012). En otro estudio sobre el diámetro de la fibra (Lupton, 2006), en 585 muestras de fibra de alpaca americana, encontró el diámetro de fibra por sexo, en 27.1  $\mu\text{m}$  en machos y 26.7  $\mu\text{m}$  en hembras; por edad, encontró 24.3, 26.5 y 30.1  $\mu\text{m}$ , para uno, dos, tres a más años respectivamente en alpacas. Por otro lado, McGregor (2006), al estudiar las alpacas australianas, encontró que el 10% presentaba un diámetro de 24  $\mu\text{m}$  y más del 50% se encuentran en 29.9  $\mu\text{m}$ .

En el estudio realizado por Carpio & Santana (1982), indica que el diámetro es la calidad de la fibra, y está unida a una serie de componentes, de origen genético y medio ambiente, y la finura determina el precio de la fibra en el mercado, pudiendo variar de acuerdo a la edad, calidad de alimentación, genética y época de esquila.

La calidad de las fibras en camélidos está determinada principalmente por el diámetro medio de la fibra, medulación y longitud. Estos parámetros dependen de muchos factores genéticos y fenotípicos, como la edad, sexo y color del pelaje, y la calidad varía según el sitio de muestreo en el cuerpo del animal. Esto está sostenido por estudios realizados sobre la variabilidad del diámetro de la fibra (Radzik-rant et al., 2021).

#### **b. Desviación estándar del diámetro medio de la fibra**

Es una medida de dispersión, si es mayor la dispersión indica mayor variabilidad, la DS también está directamente relaciona el grupo etario (edad), a menor edad menor dispersión de la fibra, es decir, mayor dispersión mayor variabilidad, menor dispersión menor variabilidad. (Quispe et al., 2021). Una desviación estándar más alta suele implicar una mayor diversidad de contenido.

### c. Coeficiente de variación del diámetro medio de la fibra

El coeficiente de variación del diámetro medio de la fibra (CVDMF), es la variabilidad del diámetro de las fibras respecto al vellón, y se expresa como el resultado de la desviación estándar dividido por el promedio y multiplicado por cien, y se enuncia en porcentaje. Un vellón con un coeficiente de variabilidad bajo indica un vellón uniforme respecto al diámetro de las fibras individuales. La industria textil acepta hasta 24% respecto a su variabilidad dentro del mismo vellón (Carpio, 1991).

### d. Factor de confort

El factor de confort (FC), especifica el porcentaje de fibras  $\leq 30 \mu\text{m}$ , que tiene un vellón. Cuando está por encima del 5% de las fibras mayores a  $\geq 30 \mu\text{m}$  se denomina factor picazón por que causa incomodidad en los consumidores; por esa razón la industria textil siempre prefiere un vellón que tenga un factor de confort mayor a 95% (Quispe et al., 2013).

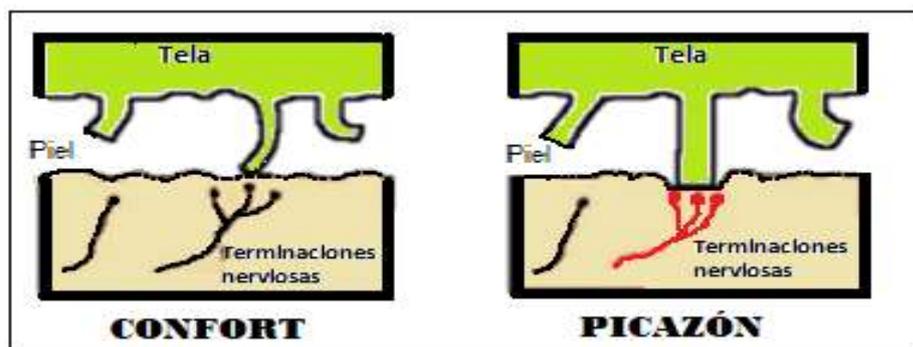


Figura 2. Factor de confort en la piel. Figura tomado de Garnsworthy et al. (1988)

En las prendas elaboradas a base de fibra de llamas, las fibras gruesas salen a la parte externa y causan picazón a la piel, debido a que el diámetro y longitud de fibra emergida causa un estímulo de energía a la piel con un impulso crítico (100 mg) antes de flexionarse, y esta es altamente dependiente por los nervios que se encuentran ubicados debajo de la piel. El cerebro recibe estas señales y lo procesa como una sensación de picazón (Naylor et al., 1999).

### **e. Índice de curvatura**

El índice de curvatura de las fibras es una particularidad textil sin mayor importancia, es utilizado generalmente para representar su propiedad espacial de un conjunto de fibras, esta característica de las fibras textiles, es de mucho beneficio para los fabricantes de “prendas de vestir y alfombras”. El índice de curvatura está relacionado frecuentemente con el número de rizos; si la curvatura es inferior a  $50^\circ/\text{mm}$  es considerada curvatura bajo, pero si la curvatura está en promedio de  $60$  y  $90^\circ/\text{mm}$  es considerada como curvatura media, y finalmente si supera los  $100^\circ/\text{mm}$  es determinada como curvatura alta (Holt, 2006).

El índice de curvatura de las fibras, es una característica agregada que se puede utilizar para puntualizar la propiedad de una masa de fibras; esta propiedad, es una característica de la mayoría de las fibras en camélidos, siendo de mucho beneficio para los fabricantes de alfombras y otros; el rizado de la fibra antes del lavado se define como una forma de suavidad en el vellón, a mayor rizado se dice que es más fino, y los pelos no tienen rizo (Holt, 2006).

#### **1.1.9. Componentes de la fibra**

##### **a. Cutícula**

Según, Robles et al. (2021), la cutícula recubre el hilo capilar con células planas unas sobre otras como capa superpuesta y es el componente más importante de la fibra animal, ya que puede verse afectado por los baños. En la cutícula cada capa está formada por una sola celda, cada celda de la cutícula tiene forma rectangular y se superponen, en cada célula de la cutícula contiene una membrana externa delgada y muy fina la epicutícula que es una capa de proteína cubierta por una fuerte estructura lipídica. El autor indica, además, que la capa A, una estructura resistente, contiene cistina ( $\geq 30\%$ ), donde los enlaces cruzados de las proteínas, no solo les dan resistencia física, sino también las hace relativamente resistentes al ataque químico, propiedad que protege la fibra contra ataques, tanto mecánicos como químicos. La otra capa B referida, corresponde al  $55\%$  del área de la cutícula, es rica en cistina, y es físicamente rígida (pero menos intensa que la capa A). La Endocutícula, con bajo grado de cistina, es la parte inferior de la membrana, también considerada como epicutícula.

Por otro lado, Carpio & Santana (1982), indican que la capa que cubre externamente la fibra, está formada de células planas, sobrepuestas y unidos con tejido conectivo;

Asimismo, se encontraron que las escamas epidérmicas son muy delgadas y finas, muestran el aspecto de un mosaico irregular ondulado.

#### **b. Corteza**

La corteza ocupa la mayor parte del área de la fibra, al igual que la cutícula, tiene células llenas de enlaces cruzados de cistina y células duras separadas por el complejo de membrana celular; cada una de las células de la corteza tiene forma de huso, con una longitud de 50-100  $\mu\text{m}$  y un diámetro de 3  $\mu\text{m}$ . La superficie distal de cada célula es rugosa, irregular y se unen cruzadamente entre sí (Robles et al., 2021)

En su estructura, forma el cuerpo de las fibras, siendo la mayor parte en ellas, y al corte se muestra en formas poligonales, a diferencias de las células escamosas que no presentan estructura en las células verticales; en la fibra de llamas, la estructura bilateral no está bien definido y es difícil clasificar los tipos de células corticales (Carpio & Santana, 1982)

#### **c. Medula**

La médula es una fina capa cilíndrica en el centro de la fibra que contiene una alta concentración de lípidos y poca cistina; su función aún no está del todo dilucidada, aunque sus células pueden deshidratarse y sus espacios pueden llenarse de aire, lo que afecta en el brillo de las fibras; la médula presenta tres subunidades distintas (estructuras globulares, células corticales desorganizadas y capa de cubierta lisa), y además, se identificaron dos tipos de médula, es decir, delgada y gruesa (Robles et al., 2021). Además, se mencionan que es un segmento central de la fibra, que se presenta mayormente en fibras gruesos o pelos, y en la fibra propiamente dicha se observan bajísimos porcentajes y diámetros de fibras mayores; la medula se observa más acertadamente a medida que el diámetro de la fibra es mayor, las fibras de calidad generalmente no presentan medula (Carpio & Santana, 1982).

#### **1.1.10. Densidad de la fibra**

Los animales que producen fibra, tienen esta propiedad de la densidad de fibra, es el número de hebras elongadas por unidad de área en la piel. En términos naturales se acostumbra a clasificar los vellones en apretados y flojos, según su densidad. En consecuencia, es fácil comprender que, entre dos animales de análogas condiciones de corpulencia, extensión del vellón e idénticas características de su lana, rendirán un

vellón superior que aquel que tenga alto número de fibras por área cutánea; o lo que es igual, mayor grado de densidad. La densidad de la fibra, es un carácter desconocido en su área y muy poco valorado probablemente por la dificultad que complica su medición (Quispe & Quispe, 2019).

Quispe y Quispe (2019), realizaron trabajos utilizando una de las técnicas no invasiva, esto determina la densidad de la fibra en piel de los camélidos vivos, y encontraron  $12.73 \pm 4.24 \text{ mm}^2$  de densidad de fibra en llamas.

#### **1.1.11. Características de la piel**

Boer et al. (2016), describe a la piel como una barrera entre el cuerpo del animal y el ambiente externo, protege al organismo contra factores químicos y físicos exógenos, participa en los procesos metabólicos, cumple una función de reabsorción y termorregulación, y es la primera barrera contra los microorganismos patógenos, participa en los procesos inmunológicos. Además, indica que, la compleja estructura de la piel en animales y sus características fisicoquímicas, la convierten en una eficaz línea de defensa frente a factores exógenos, papel que desempeña la barrera epidérmica, donde la capa corneal de la epidermis tiene una función particularmente importante. El autor refiere que, consta de 15 a 20 capas de queratinocitos completamente cornificados (corneocitos) en la parte inferior de la capa cornificada, las células se unen estrechamente entre sí, mientras que en la parte superior están dispuestas de forma suelta y sufren descamación. Además, indica que, la construcción de la capa corneal se asemeja a una pared en la que los corneocitos representan ladrillos, y una matriz intercelular abundante en grasa es el cemento.

La piel del animal regula la temperatura por medio del riego sanguíneo cutáneo, donde cumple la función secretora por intermedio de la secreción de la glándula sudorípara y sebácea (Badajoz, 2007).

#### **1.1.12. Característica y estructuras histológicas de la dermis en llamas**

Según, Atlee et al. (1997), todos los mamíferos están cubiertos de piel, ésta realiza muchas funciones vitales, incluida la primera línea de defensa contra los macro y microorganismos patógenos invasores, así como la prevención de la pérdida excesiva de agua del cuerpo y un papel en la termorregulación. Además, el grosor de la piel de llama disminuye de dorsal a ventral en el tronco, y el grosor medio de la piel, desde la

parte superior del estrato córneo hasta la parte inferior de la dermis, que tiene un promedio de 3,9 mm. Por otro lado, la dermis de la llama es dura y no elástica en mayor proporción. Los investigadores indicaron también, que los machos maduros mayormente tienen la piel más dura, es una peculiaridad que puede ofrecer defensa contra posibles lesiones. Además, que la naturaleza del pelaje varía con la ubicación del cuerpo y con el animal individual. Según este reporte, la piel está formada de cuatro capas: (1) el **estrato córneo** típico (capa córnea) que tiene una apariencia de tejido de canasta, con una variación regional, donde sus uniones mucocutáneas tienen un estrato córneo compacto inexistente o extremadamente delgado. (2) el **estrato granuloso** (capa de células granulares) constantemente presente en la piel con pelo, en la mayoría de los lugares se compone de una sola capa de células delgadas y aplanadas con núcleos comprimidos y pequeños gránulos basófilos queratohialinos. (3) **estrato lúcido**, con gránulos oscuros, presente en áreas de estrato córneo grueso y pelo escaso. (4) el **estrato espinoso** de la piel con pelo que tiende a ser delgado, con un promedio de una a tres capas de células; esta capa es correspondientemente más gruesa y tiene puentes intercelulares más prominentes en áreas de epidermis más gruesa y pelo más fino. También menciona, que la epidermis presenta una leve ondulación de la superficie de la piel en la mayor parte del cuerpo, aunque se observa una ondulación de moderada a marcada, cerca de las uniones mucocutáneas y una superficie epidérmica lisa sobre las almohadillas de las patas. Además, que consta de un estrato córneo muerto (que ocasionalmente también incluye un estrato lúcido) y la epidermis viable (estrato basal, estrato espinoso, estrato granuloso).

### 1.1.13. Organización de los folículos pilosos en camélidos sudamericanos

Respecto a los folículos pilosos, Atlee et al. (1997) describe folículos pilosos simples y compuestos. Los folículos pilosos simples generalmente son pequeños, con excepción de algunos folículos pilosos grandes especializados (folículos pilosos táctiles, pestañas), donde los músculos erectores del pelo están ausentes, las abundantes glándulas sebáceas tienden a ser grandes, las glándulas sudoríparas por lo general están ausentes, los plexos vasculares superficiales tienden a ser más pequeños, aunque los vasos dérmicos son más profundos. En cambio, el folículo piloso compuesto, todos están unidos cerca de los conductos sebáceos, comparten un infundíbulo folicular común, todo el folículo compuesto está rodeado por una vaina radicular fibrosa continua, las áreas de pelo corto y disperso tienen folículos

compuestos raros, y la proporción de pelos primarios a secundarios es 1:2, y la proporción de pelos secundarios a primarios tienen una relación de 9:1.

#### **1.1.14. Densidad folicular**

Es el número de folículos pilosos en un área fija de superficie. Al respecto, la fibra o pelos gruesos en llamas se expresa a menudo en términos de la proporción o relación folículo secundario a primario (relación S/P), la densidad folicular al nacimiento se encuentra bastante compacta en la dermis resultando una alta densidad, por lo que interviene en la finura de la fibra y uniformidad. La densidad folicular aumenta en dirección antero-posterior y dorso-ventral, que la zona de mayor densidad folicular corresponde a la grupa con 17.91, seguido del costillar medio con 15.41, espalda con 14.73 folículos por milímetro cuadrado respectivamente Gaytan (1967), citado por Sumari (1986).

El proceso de regeneración del folículo secundario (FS) implica una serie compleja de interacciones con las células de la epidermis y la dermis; el crecimiento de la fibra en los mamíferos está regulado por el fotoperíodo (He et al., 2015) y el factor hormonal (Wuliji et al., 2006). Se ha encontrado que luego de un período de insolación más corto, el crecimiento de los folículos secundarios (FS) se aceleró, mientras que, luego de un período de insolación prolongado, el crecimiento de folículos secundarios (FS) se volvió lento e incluso se detuvo. Al respecto, especulamos que, los cambios en el fotoperíodo modificaron los ritmos neurosecretores a través de la glándula pineal y las hormonas asociadas. Estas hormonas se combinaron con los receptores correspondientes en los tejidos de la piel y produjeron un factor de señal que actúa sobre las células diana “madre” del folículo piloso para promover o inhibir la división celular. Se ha argumentado que estas células madre, están ubicadas en la región protuberante del folículo piloso superior, y el proceso de regeneración de FS comenzó bajo la acción de una serie de señales moleculares (He et al., 2015).

#### **1.1.15. Correlación**

La correlación nos ayuda medir si existe una relación o asociación entre dos variables. Las muestras deben ser tomadas al azar para analizar las variables en estudio, como se realizó en las características tecnológicas y la densidad folicular de fibra. La correlación nos indica, la intensidad de la asociación entre dos variables. Los valores

de la correlación varían entre +1 y -1, y con fines de interpretación se utiliza la clasificación propuesta por Hernández et al. (2003):

Si  $r = 0$ , existe ausencia de asociación entre dos variables

Si  $r > 0$ , la asociación es positiva, y las variables aumentan o disminuyen conjuntamente.

Si  $r < 0$ , la correlación es negativa, una de las variables incrementa o disminuye, y viceversa.

Si  $|r| < 0.30$ , entonces existe una débil asociación entre las dos variables.

Si,  $0.30 < |r| < 0.70$ , existe asociación moderada entre ambas variables.

Si  $|r| > 0.70$ , indica que existe una asociación fuerte entre las dos variables.

Si  $|r| = 1$ , entonces la asociación es perfecta entre ambas variables.

## 1.2 Antecedentes

### 1.2.1. Características tecnológicas de la fibra de llamas

#### a. Diámetro de fibra

Datos de 114 crías de llamas (CIP La Raya, 4,250 metros de altitud), de las variedades Q'ara y Lanuda fueron estudiadas. La información colectada correspondía a tres años (1987, 1988 y 1989). El análisis de la fibra fue realizado en la Universidad Agraria La Molina. Las características de la fibra, fueron evaluadas utilizando 5 modelos estadísticos por la metodología de mínimos cuadrados, considerándose factores ambientales de efecto fijo, edad, sexo y la edad de la madre. Las lanudas jóvenes con 22 meses de crecimiento de fibra comparadas con las Q'ara lograron mejor finura ( $p \leq 0.05$ ) tales como 18.28 y 21.02 micras, y sobre las cerdas se obtuvo 41.47 y 65.17 micras para Lanudas y Q'aras, respectivamente. Asimismo, estos fueron más finas al año de edad ( $p \leq 0.05$ ) (Maquera, 1991).

Por otro lado, en su trabajo de Laime et al., (2016), evaluaron las principales características tecnológicas de la fibra de llama Ch'aku, antes y después del descordado, para este estudio han trabajado con 227 muestras de fibra de llamas Ch'aku (Apurímac, Perú). Los análisis lo realizaron utilizando el OFDA 2000. Se consideraron las variables edad y sexo, y el análisis estadístico lo realizaron mediante un DCA con arreglo factorial (2x2). Encontraron un incremento en el coeficiente de variación

(1.8%), el factor de confort (2.74%) y el índice de curvatura en (4.66°/mm) para la fibra descordada, en cambio, el sexo no afectó a las características textiles de la fibra en llama Ch'aku.

Asimismo, su investigación de Condor (2019), sobre las “características fenotípicas de los parámetros productivos y textiles de la llama (*Lama glama*) Q'ara en función a la edad y sexo”, realizado en Huancavelica (Perú) en 292 llamas, analizado por el equipo OFDA-2000, y mediante un DCA con arreglo factorial 2x4, encontraron, valores de diámetro de fibra para grupo etario (36.5  $\mu\text{m}$ , 37.7  $\mu\text{m}$ , 35.2  $\mu\text{m}$ , 45.7  $\mu\text{m}$ ) y sexo (39.3  $\mu\text{m}$ , 37.3  $\mu\text{m}$ ), valores en el coeficiente de variabilidad para el grupo etario (28.9 %, 27.6 %, 26.2 %, 27.4 %) y sexo (28.4 %, 27.5 %), valores en el índice de curvatura para grupo etario (26.7 °/mm, 25.3 °/mm, 27.9 °/mm, 18.5 °/mm) y sexo (23.6 °/mm, 26.1 °/mm), valores en el factor de confort para grupo etario (55.4 %, 52.3 %, 59.7 %, 33.0 %) y sexo (47.9 %, 53.9 %), que correspondían a BLL, 4D, 2D y DL en el grupo etario, y machos, hembras en el sexo, respectivamente.

Por otro lado, Siguayro y Aliaga (2010), realizado Quimsachata (Puno, Perú), sobre el efecto de la especie y el sexo en las “características físicas de la fibra de llamas Ch'aku”, en 100 llamas de un año de edad, y analizados mediante el Sirolan-Laserscan, obtuvieron el diámetro de fibra en 18.23 y 17.37  $\mu\text{m}$  en llamas machos y hembras respectivamente, y no encontraron diferencias entre especies, ni sexo, lo cual fue atribuido al descordado de la fibra de llamas antes de la evaluación.

Asimismo, trabajos de investigación sobre el diámetro de la fibra en llamas de variedad Ch'aku fue de  $23.12 \pm 6.75 \mu\text{m}$ , con CV de 29.57%. en crías encontró 20.78  $\mu\text{m}$ , y adultos de 27.66  $\mu\text{m}$ , donde encontraron diferencias entre edades, y una interacción entre sexo y edad (Sumari, 1986).

Sierra, (2014) realizó una investigación en la SAIS Pachacutec (Junín, Perú), a 4200 metros de altitud, en su estudio sobre las “características físicas de fibra en las razas Q'ara y Ch'aku”, donde encontró valores de diámetro de la fibra  $23.49 \pm 3.89$ ,  $33.00 \pm 5.58$ ,  $27.01 \pm 4.56$  y  $28.65 \pm 3.94 \mu$  para Ch'aku machos, Ch'aku hembras, Q'ara machos y Q'ara hembras, respectivamente.

Arcoccaulla (2017), realizó una investigación con el objetivo de “evaluar la influencia de edad y sexo en las características de la fibra de llama raza Ch'aku, en algunas

comunidades de Paras (Ayacucho, Perú)”. Donde trabajó con 73 llamas Ch'aku, y para el análisis de fibras usó 219 muestras de “muslo, costillar y espalda”, utilizado el OFDA 2000. Las características de la fibra que encontró en machos juveniles y adultos, el DMF fue  $20.53 \pm 2.63$  y  $22.81 \pm 3.95$   $\mu\text{m}$ , respectivamente, mientras que en hembras juveniles y adultos fue  $20.04 \pm 2.96$  y  $21.83 \pm 2.33$   $\mu\text{m}$ , respectivamente.

Mamani (2013) realizó la investigación con la finalidad de determinar el “diámetro de fibra, pelo y sus correlaciones en llamas Q'ara y Ch'aku en el CIP La Raya (Puno Perú)”. En donde sus muestras fueron analizadas mediante el método Neozelandés “Microproyector Richter” bajo la norma de ASTM-2130-72. Los análisis estadísticos con DCA. Se obtuvieron resultados para el DMF en llamas Ch'aku para 1 y 2 años, valores de  $18.44 \pm 1.34$  y  $19.86 \pm 1.45$   $\mu\text{m}$ , y para el sexo  $19.73 \pm 1.58$  y  $18.58 \pm 1.33$   $\mu\text{m}$  en machos y hembras respectivamente, pero en llamas Q'ara para 1 y 2 años de edad fue de  $20.87 \pm 0.89$  y  $22.31 \pm 1.28$   $\mu\text{m}$ , para sexo de  $21.61 \pm 1.39$  y  $21.56 \pm 1.26$   $\mu\text{m}$  en machos y hembras.

Mancilla (2017), realizó investigaciones referida a las “Características textiles de la fibra de llamas a la primera esquila en La Raya (Puno, Perú)”, donde utilizó 108 muestras, todos extraídos de la región “costillar medio” de llamas Ch'aku y Q'ara y fueron analizadas con el equipo OFDA-2000. En el estudio, encontró para el DMF en llamas de  $19.96 \pm 2.12$  y  $24.6 \pm 2.4$   $\mu\text{m}$  para Ch'aku y Q'ara, respectivamente. Se encontró que las llamas Ch'aku y Q'ara son afectados por la variedad respecto a la finura.

Por otro lado, Machaca (2010), ha realizado investigaciones en tres localidades de la región Puno (Huancané, San Antonio de Putina y Melgar), sobre las características físicas de la fibra, utilizando 240 animales de la variedad Ch'aku y Q'ara, según sexo y edad, donde el análisis de la fibra fue realizado mediante un DCA con arreglo factorial de  $2 \times 2 \times 5$  y el análisis de la fibra a través del Lanámetro. Todas las fibras fueron tomadas a nivel del costillar medio. Donde encontró valores para el diámetro de fibra en  $22.52$  y  $22.30$   $\mu\text{m}$  para Ch'aku y Q'ara respectivamente, no se encontró diferencia entre variedades.

#### **b. Desviación estándar del diámetro medio de la fibra**

Por otra parte, Bernabe, (2015) trabajó en llamas Ch'aku, donde encontró para llamas de uno y dos años de edad, quien reporta  $4.21$   $\mu\text{m}$  y  $5.34$   $\mu\text{m}$  respectivamente, por otro

lado, estudios en alpacas reportaron, Arango, (2016) ha reportado valores de 4.41  $\mu\text{m}$ , 4.76  $\mu\text{m}$ , 4.84  $\mu\text{m}$  y 5.19  $\mu\text{m}$  para DL, 2D, 4D y BLL respectivamente, Quispe et al., (2021) reporta 4.73  $\mu\text{m}$  y 5.64  $\mu\text{m}$ , para blancos y colores respectivamente.

### **c. Coeficiente de variación del diámetro de fibra**

Respecto este parámetro, se indica que es permisible para la industria textil desde 24% (Quispe et al., 2009). Por otro lado, en varias investigaciones en fibra de llamas Q'ara, han encontrado coeficientes de variabilidad antes del descordado de  $33.83 \pm 0.68$  y después en  $23.86 \pm 0.35\%$  (Paucar, 2021), 27.94% en llamas (Condor, 2019), para Ch'aku 35.61% y Q'ara 48.35% (Mancilla, 2017), en llamas Ch'aku antes del descordado  $22.5 \pm 0.35\%$  y después  $21.8 \pm 0.3$  (Laime et al., 2016). Asimismo, se ha reportaron coeficientes de variabilidad en alpacas por Aylan-Parker & McGregor, (2002), McGregor (2006), Lupton et al. (2006) y Quispe et al. (2009) quienes han encontrado valores de 27, 23.3, 18.38, y 22.82%, respectivamente. De los mismos se puede deducir que, los resultados son muy variables, siendo muy favorable para insertar un plan de mejora genética.

### **d. Factor de confort**

El factor de confort (FC), se precisa como el porcentaje de las fibras inferiores a 30  $\mu\text{m}$  que tiene la fibra. Por otro lado, la industria textil requiere un vellón con FC igual o superior a 95% con un factor de picazón inferior a 5% (Cottle, 1991). Respecto este parámetro en llamas K'ara se tiene  $70.62 \pm 1.7$  y  $79.62 \pm 1.89\%$ , antes y después del descordado respectivamente (Paucar, 2021). En llamas Ch'aku encontraron valores de  $91.9 \pm 2.25$  y  $94.55 \pm 2.25\%$  antes y después del descordado (Laime et al., 2016). En la fibra sin descordar en llamas Ch'aku y Q'ara se encontró 92.82 y 88.15% respectivamente (Mancilla, 2017). Por otro lado, para llamas Q'ara en fibra sin descordar se ha encontrado 50.9% en Huancavelica (Condor, 2019). Sin embargo, en alpacas, autores de Perú como Roque & Ormachea (2018), Pariona (2014), Ticlla et al., (2015), Arango (2016) y Radzik- rant et al., (2021) de Polonia, reportaron valores de 92.85, 82.14, 97.35, 82.03 y  $77.79 \pm 3.90\%$ , respectivamente.

La calidad se puede definir desde la perspectiva del consumidor final con la 'mano' para indicar la relación de la calidad con el grado de aceptación del tejido, además se debe considerar, que no solo el diámetro es un factor determinante para que una fibra produzca escozor, sino también su rigidez, la cual es crucial y es influenciada por el

factor de confort de la fibra. Aunque históricamente se ha puesto énfasis en el porcentaje de fibras de más de 30 micras para inducir la picazón. El depilado manual ha demostrado su viabilidad, aunque la técnica es eficientemente con vellón de doble capa y capa intermedia (Frank et al., 2021).

Si más del 5% son mayores a treinta micras, los usuarios se verán afectados o “incomodos” con las prendas y sentirán una sensación de comezón (FP), por otro lado, todas las industrias textiles prefieren una comodidad “índice de confort”  $\geq 95\%$  por lo que este parámetro valora las sensaciones del cuerpo humano y el tipo de prenda con FP igual o inferior a 5% (Quispe et al., 2009).

#### **e. Índice de Curvatura**

Asimismo, en varios trabajos se reportaron los siguientes valores,  $24.84^\circ/\text{mm}$  en llamas Q'ara (Condor, 2019),  $48.81 \pm 6.78^\circ/\text{mm}$  (Siguayro, 2009) en llamas Ch'aku (Qimsachata, Puno). En alpacas como López (2022), Wang et al., (2003), Lupton et al., (2006) y McGregor (2006) informaron valores de 40.64, 32.0, 32.5 y  $32.2^\circ/\text{mm}$  respectivamente. Se debe de indicar que el IC está mejor estudiada en Australia, ya que esta variable está relacionado con el diámetro donde las fibras con alto índice de curvatura son los de mejor calidad (López, 2022).

El índice de curvatura está directamente relacionado con el rizo de la fibra, si la curvatura es inferior a  $30^\circ/\text{mm}$  se define como curvatura baja, si la curvatura se ubica entre  $60 - 90^\circ/\text{mm}$  es considerada como curvatura media y cuando sobrepasa los  $100^\circ/\text{mm}$  se considera alta (Holt, 2006).

#### **1.2.2. Piel de la llama**

La piel de la llama o dermis, presenta un grosor dérmico promedio de 3,1 mm a nivel del tórax lateral. La mayoría de las áreas dorsales y laterales del cuerpo tienen una dermis relativamente gruesa. La dermis más delgada (0,3 mm) se encuentra en la superficie cóncava del pabellón auricular proximal. La dermis superficial consiste en finas fibras de colágeno con abundantes núcleos de fibroцитos ovales. La profundidad de la dermis está compuesta por fibras de colágeno grandes y densas con pocos núcleos de fibroцитos, y no existe una distinción aparente entre el colágeno superficial y el profundo, definido como folículos pilosos primarios solitarios que ocurren individualmente, cada uno con un ostium separado. La mayoría de los folículos pilosos simples están asociados con

glándulas sebáceas, una glándula sudorípara y un músculo erector del pelo. Se encontró que las llamas tienen folículos pilosos simples y compuestos. Asimismo, en los camélidos también se han identificado la coexistencia de estos dos tipos de folículos pilosos (Atlee et al., 1997).

Acerca del desarrollo de los folículos, se encontró que el folículo piloso de la llama es un folículo compuesto que consiste en uno o dos folículos primarios cercados por múltiples folículos secundarios más pequeños, todos unidos junto a la entrada de los conductos sebáceos y utilizando un infundíbulo folicular común. Estos folículos compuestos típicos se han denominado anteriormente como "nidos foliculares". También se ha informado que los folículos compuestos del camello consisten en dos a nueve folículos secundarios pequeños, pero carecen de los folículos pilosos primarios que se observan en las llamas. Así mismo en el examen microscópico demostraron que las áreas de piel de llama con un pelaje corto y escaso tienen folículos compuestos (Atlee et al., 1997).

Los folículos secundarios que son generalmente los más pequeños tienden a producir fibras más finas (Carpio, 1991).

### **1.2.3. Densidad folicular de la piel**

Respecto a la densidad folicular, Sumari (1986) en Puno (Perú), en llamas Ch'aku (hembras y machos) de una semana a mayores de tres años de edad, mediante muestreo de vellón y biopsia de piel del costillar medio, encontró una densidad folicular de 18.16 folículos por  $\text{mm}^2$  de piel y con valores extremos 26.80 y 14.20 folículos por  $\text{mm}^2$  en crías de una semana y adultos mayores a 3 años, respectivamente. Además, se encontró que la densidad de la fibra tenía un valor de 14.43 fibras por  $\text{mm}^2$  de la piel con valores extremos para crías de una semana y adultos mayores a tres años en 22.29 y 11.95 fibras por  $\text{mm}^2$  respectivamente, siendo diferente entre edades ( $p \leq 0.05$ ). Esta ligera disminución estaría condicionada por los mismos factores de dispersión que sucede durante el crecimiento y por la probable atrofia de los folículos. En general, se observó que, a mayor densidad folicular, mayor densidad de fibras y mayor densidad folicular menor diámetro de fibra.

Charca, (2021), realizó un trabajo de investigación para determinar el "índice folicular y densidad de fibra en alpacas de la raza Suri (CICAS-La Raya)", donde utilizó 30 alpacas de DL, 2D, 4D y BLL. Las muestras se obtuvieron mediante biopsias de piel con un

“sacabocado punhc” de 5 mm y se analizaron con técnicas en parafina, y contabilizados los folículos con Motic Plus, y analizados mediante un ANOVA con arreglo factorial. Las medias para hembras y machos del índice folicular (s/p) fueron de  $7.13 \pm 1.73$  s/p y  $6.74 \pm 1.70$  s/p respectivamente, donde no encontró diferencias ( $p \geq 0,05$ ) entre el sexo.

Asimismo, Oruna (2016) en su trabajo de investigación sobre caracterización de la piel en alpacas en Huancavelica (Perú), utilizando muestras extraídas con un sacabocado de 8mm, encontró valores de para folículo primario, folículo secundario, densidad folicular y índice folicular  $10.7 \pm 5.9$ ,  $32.0 \pm 8.8$ ,  $36.4 \pm 8.7$  f/mm<sup>2</sup> y  $9.5 \pm 4.9$  respectivamente.

En otro estudio realizado sobre el índice folicular en alpacas Huacaya en Huancavelica (Perú), donde se obtuvieron las muestras del costillar medio de 70 alpacas, se encontró un índice folicular (S/P) de 2.55 (Paucar et al., 2013).

Asimismo, se reportó que la media de la densidad folicular en la alpaca Huacaya es 18 folículos por mm<sup>2</sup> con un rango de 15 a 26 folículos, siendo el cuello la zona con alta densidad (mayores a 20 folículos/mm<sup>2</sup>), pero se encontró más bajo en ambos flancos “zonas inguinal y axilar” con una baja densidad (10 folículos por mm<sup>2</sup>) (Bustinza, 2001).

#### **1.2.4. Descerdado de la fibra**

Según, Frank et al. (2017) es un proceso en donde se separan las fibras más gruesas (pelos) de las más finas, los pelos o fibras gruesas afectan la calidad del vellón de la llama y las prendas de vestir. Asimismo, este proceso de descerdado reduce el diámetro y CV de la fibra, y se incrementa el FC e IC (Pinares et al., 2014). En la industria textil el proceso del descerdado causa cambios en las estructuras del vellón, debido a que la extracción de los pelos “fibras más gruesas u ofensivos reduce la factor de picazón y por ende mejoran las prendas en su confortabilidad” (Frank, 2008).

En un estudio realizado para conocer las características textiles de la fibra en llamas (después del descerdado) en Huancavelica (Perú), donde se utilizó muestras del costillar medio de un total de 437 llamas (310 hembras y 127 machos) distribuidos en varios grupos etarios, seleccionados al azar de siete provincias, se encontró que el proceso del descerdado conllevó a lograr fibras más finos y uniformes, con alto “factor de confort” (menor factor de picazón) y alto “índice de curvatura” (Paucar, 2020).

Frank et al. (2011), después de estudiar las características de calidad en fibras animales, así como el efecto que tienen las fibras en las prendas sobre la piel del usuario (confort

en la piel), llegó a varias conclusiones, que se puede mencionar: (1) que el producto no debe tener extremos fibrosos sobresalientes en contacto con la epidermis, pero la fibra de los vellones mixtos (fibras finas y gruesas) en llamas requiere de un proceso textil especial para que las prendas que se fabrican con ellos sean cómodas. Este proceso se conoce como depilación (descerdado), El proceso de depilado o descerdado genera un cambio estructural de la materia prima ya que se extrae las fibras más gruesas, largas y rectas (objetables), ayudando así a mejorar el procesamiento textil. (2) los vellones de doble capa tienen generalmente un rendimiento más bajo, debido a una mayor pérdida por la depilación de fibra gruesa. (3) el depilado disminuye el efecto de “picazón”, primordialmente en vellones de doble capa. (4) la clasificación de las fibras por tipo de vellón es fundamental a la hora de procesar fibras de llamas. Por lo tanto, los tipos de vellón de doble capa tienen un rendimiento considerablemente menor en el depilado, peinado y cardado que otros tipos de vellón. (5) los tipos de vellón con brillo tienen menos capacidad para formar volumen que los tipos sin brillo, generalmente responden menos al depilado medido por la reducción de las fibras más gruesas, mientras que en los vellones de doble capa esta reducción fue notablemente mayor. (6) desde el punto de vista del consumidor, el depilado reduce la sensación de picor.

Frank et al., (2014) menciona la utilización de los dedos en lugar de las pinzas, con 5 a 8 movimientos de descerdado por mecha. Para una buena separación de las cerdas, se colocó como base encima de la mesa papel contrastante con el color de fibra a descerdar (negro para fibra blanca y blanco para fibra de color). De cada muestra descerdada se obtuvieron: fibra fina y gruesa.

#### **a. Tipo de fibra**

Según, la función estructural son: el tipo de fibra utilizada (“dura” o “suave”), lo que dependerá de la procedencia del vellón en la topografía del animal; “más torcido” o “flojo”) y el diámetro (“fino” o “grueso”) (Lopez, 2016).

#### **1.2.5. Zonas de muestreo**

Según, Frank (2007), en las llamas se han muestreado previa delimitación de las regiones corporales en el vellón propiamente dicho y el bordel. Además, las regiones corporales topográficamente del vellón (cuello, paleta, flanco y cuarto) difieren en la finura (diámetro medio de la fibra) y otras características textiles de la fibra.

### 1.2.6. Correlaciones

En la caracterización de la piel en alpacas en Huancavelica (Perú), se encontró que las correlaciones entre índice folicular con diámetro medio de la fibra, densidad folicular con diámetro de la fibra, y densidad índice folicular con diámetro de la fibra se obtuvo correlaciones de -0.3, -0.6 y 0.7. Se observa que la densidad folicular y el diámetro de fibra tienen una alta asociación negativa (Oruna, 2016).

En las correlaciones entre índice folicular y la media de diámetro de fibra en alpacas Huacaya (Huancavelica) en muestras de fibra y piel tomadas a nivel del costillar medio de 70 animales, se encontró una asociación significativa de -0.380 (Paucar et al., 2013).

Por otro lado, Ticlla et al. (2015), en 74 alpacas de un año de edad (Huancavelica, Perú), estudió las correlaciones entre los parámetros textiles de la fibra, tales como diámetro de la fibra (MDF), desviación estándar (SD), coeficiente de variación (CVDMF), índice de curvatura (IC), factor de confort (FC)", encontraron valores para correlaciones, 0.7 y 0.8 (MD entre SD), 0.080 y -0.060 (MDF entre CV), -0.960 y -0.910 (MDF entre IC), -0.70 y -0.60 (MDF entre ICF), 0.7 y 0.5 (SD entre CV), -0.8 y -0.9 (SD con IC), -0.7 y -0.6 (SD con ICF), -0.2 y -0.2 (CV con IC), -0.360 y -0.050 (CV entre ICF), 0.230 y 0.060 (CV entre FH), 0.7 y 0.5 (IC entre ICF), -0.9 y -0.9 (IC entre FH), -0.7 y 0.6 (IFC entre FH) en machos y hembras respectivamente.

Por otro lado, se encontró en alpacas Huacaya una alta correlación negativa entre DF y DMF un valor de (-0.8) (Bustinza, 2001). Asimismo, Charca (2021), en muestras de fibra en 30 alpacas Suri (Cusco, Perú) estimó una correlación entre el índice folicular y densidad de fibra de -0,019.

## CAPÍTULO II

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 2.1 Identificación del problema

La llama (*Lama glama*) es un camélido bien robusto y está adaptado en extensos campos medios ambientales, tiene mucho valor para los espacios alto andinos, por lo que produce fibra y carne, al mismo tiempo da muchas oportunidades al productor por que se emplea para carga, estiércol, y es utilizado como culturalmente (Stemmer *et al.*, 2005).

Una característica típica de los camélidos sudamericanos domésticos en especial la llama, posee un vellón mixto denominado doble capa lo que trae consigo una mayor variación en la clasificación de la fibra, Asimismo, las características físicas de la fibra son muy variables, pero con el descordado mejora, el índice de confort, y no estimula la comezón sobre la piel (Frank *et al.*, 2007). Por otro lado, este autor señala, que la llama en el periodo preinca e inca, tuvo su apogeo, siendo el vellón la principal fuente para elaboración de prendas de vestir para el pueblo; además de haber contribuido al desarrollo económico, político y social (Rowstworowski, 2014). En consecuencia, es un recurso zoogenético de mucha importancia porque tiene aptitudes en la producción de carne y fibra; además se da uso para transporte y actualmente es una especie escasamente descrita.

Respecto a la piel de la Llama se han realizado varias ilustraciones prefacios a nivel de la piel; pero son pocos los trabajos a nivel de densidad de fibra, grado de asociación entre características tecnológicas de la fibra y densidad folicular, se debe de visualizar las potencialidades de esta noble especie. Es evidente que falta programas de mejoramiento genético, orientado a aumentar la eficacia y eficiencia de la producción de fibra y carne, siendo un recurso fundamental para las familias campesinas de las zonas de alta

montaña; no solo para la reducción del déficit nutricional de población humana del país, sino para utilizar racionalmente la fibra descerdada en las llamas.

En gran parte, la llama junto a la alpaca, son las pocas especies que permiten aprovechar el enorme espacio alto andino a través de dos productos: la carne y la fibra. La producción de carne no solo diversifica la canasta de recursos alimenticios autóctonos, que implica el consumo de proteínas de origen animal con alto valor nutricional; por otro lado, la fibra en el pasado fue otro recurso de importancia económica, social y zootécnica porque contribuyó a la confección de la indumentaria de las clases sociales más bajas; además favoreció a la expansión militar del imperio inca en sus distintos confines. En consecuencia, se debieran orientarse a hacerla más eficiente la utilización de los valiosos recursos a través de nuevas tecnologías, toda vez que la humanidad seguirá creciendo en los próximos años.

En países vecinos, como Bolivia y Argentina, la fibra de llama se aprovecha para la industria textil, además de la artesanal; pero se debe realizar un proceso adicional, el descordado manual o mecánico, la fibra descordada se destina a la elaboración de prendas de vestir de buena calidad que se encuentran inmersos en la moda internacional. Según Ministerio de Agricultura, en principio las llamas se esquilan en un 34% de la población nacional, siendo la producción media por llama de 4 lb; Asimismo, refiere que el precio por libra a nivel nacional es de S/. 3.10 y a nivel de la región Apurímac es del S/ 2.60 (MINAGRI, 2019). En tal virtud, es necesario revalorar este valioso recurso natural que ofrecen las llamas, donde la pregunta central de la presente investigación reside en: ¿Cuán importante es conocer las características tecnológicas de la fibra y densidad folicular en llamas de la región Apurímac, previo descordado?

## 2.2 Enunciados del problema

### 2.2.1. Pregunta general

¿Cuáles son las características tecnológicas y densidad folicular en llamas Ch'aku y Q'ara (*Lama glama*) sin descordar y descordadas según factores sexo, grupo etario y región corporal?

### 2.2.2. Pregunta específico

¿Cómo influye el descordado manual en las características tecnológicas en fibra de llamas Q'ara y Ch'aku?

¿Cuál es la densidad folicular en la piel de llamas Q'ara y Ch'aku?

¿Existe algún grado de asociación entre las características tecnológicas y con la densidad folicular en llamas Q'ara y Ch'aku?

### 2.3 Justificación

Por otro lado, en las llamas el vellón cubre la mayor parte del cuerpo, así como el cuello y las extremidades, en general, el vellón de la llama presenta dos capas bien diferenciadas de fibra: una interna (undercoat) de fibra fina, de menor longitud y más densa; y otra sobresaliente (outercoat), compuesta por pelos largos y gruesos, generalmente agrupadas en mechadas puntiagudas y forman una capa menos densa. En llamas las fibras finas se encuentran combinadas con los pelos gruesos, y sin valor comercial Villarroel (1963). En dicha perspectiva es posible afirmar que cuanto mayor sea la proporción de fibras finas en el vellón, tendrá buena calidad y aumentará la probabilidad en el valor comercial del vellón.

A pesar de su largo período de domesticación, poco es conocido sobre las características de la piel de la llama y su relación con la calidad y cantidad de la fibra. Esta investigación preliminar sugiere que, las llamas, los folículos primarios están en “grupos” de uno, y rara vez se ve en grupo de tríos foliculares, siendo típico que se observa en ovejas y cabras (Calle-Escobar, 1984; Ferguson et al., 2012). Estudios preliminares de alpacas australianas indican un rango de proporciones de folículos secundarios a primarios (relación S/P) de 4:1 a 9:1 (McGregor, 1995).

Ha habido una extensa investigación sobre las estructuras del folículo de las ovejas y su efecto sobre los rasgos de la fibra. Pero para la comparación, no encontramos ninguna asociación en llamas para densidad folicular, por otro lado, los criadores de ovejas merinas consideran la piel como una de las características importantes para determinar el crecimiento potencial y la calidad de la lana (Ferguson et al., 2012).

Las llamas, son criados en algunos casos en asociación con otros animales (ovino criollo, alpaca), siendo el primordial medio para la utilización de las praderas naturales

alto andinas, donde la agricultura es casi imposible y la crianza de camélidos es exitosa (Quispe *et al.*, 2009). Los camélidos se crían para producir fibra, la alpaca, es el principal medio que genera ingresos monetarios para la gran parte de las familias dedicadas a la crianza de estas especies. Sin embargo, la fibra de llama podría constituirse un aporte importante de ingresos; razón por la cual es determinante conocer las características tecnológicas y densidad de la fibra. Todo ello, conllevaría no solo a emprender programas de mejora en la calidad de la fibra, sino también utilizar la mano de obra, para otorgarle mayor valor agregado a la fibra de la llama, es decir constituirse una opción para aumentar sus ingresos monetarios en las familias campesinas; pero es necesario e indispensable conocer los atributos y estructura de la fibra (poros), se debe, conocer sus características tecnológicas y la densidad folicular.

Asimismo, se conoce que la llama prospera en ambientes inhóspitos y de muy escasa vegetación como en algunas zonas de las cordilleras del Perú y Bolivia. Por su rusticidad y adaptabilidad, este recurso es fundamental para las familias campesinas, porque también produce fibra, su vellón es grueso con pelos, por lo tanto, la crianza de las llamas Ch'aku y Q'ara puede ser una alternativa, en donde permita aminorar la pobreza de las familias altoandinas, mediante el descordado manual de la fibra, donde permite mejorar la calidad de la fibra siendo más uniformes.

## 2.4 Objetivos

### 2.4.1 Objetivo general

Determinar las características tecnológicas y densidad folicular en llamas Ch'aku y Q'ara (*Lama glama*) sin descordar y descordadas según factores sexo, grupo etario y región corporal.

### 2.4.2 Objetivos específicos

- Determinar el diámetro medio de la fibra, desviación estándar del diámetro medio de la fibra, coeficiente de variabilidad, factor de confort e índice de curvatura de la fibra de llama Ch'aku y Q'ara sin descordar y descordadas según sexo, grupo etario y región corporal.
- Determinar la densidad folicular en fibra de llamas Ch'aku y Q'ara según sexo, grupo etario y región corporal.



- Determinar el grado de asociación de las características tecnológicas y densidad folicular en llamas Ch'aku y Q'ara.

## 2.5 Hipótesis

### 2.5.1 Hipótesis general

Las características tecnológicas de la fibra de llamas Ch'aku y Q'ara (*Lama glama*), la dispersión de los folículos y el nivel de asociación entre los mismos varían en función a los factores, sexo, grupo etario y región corporal, debido a la naturaleza inherente a la doble capa del vellón que posee dicho camélido.

### 2.5.2 Hipótesis específicas

#### **Hipótesis Específica 1**

El diámetro medio de la fibra, desviación estándar del diámetro medio de la fibra, coeficiente de variabilidad, factor de confort e índice de curvatura de la fibra de llama Q'ara y Ch'aku, muestran distinto comportamiento en función a los factores considerados en el estudio.

#### **Hipótesis Específica 2**

La densidad folicular en llamas es de 10 folículos por mm<sup>2</sup> en Ch'aku y Q'ara evidencia distinto comportamiento en función a los factores sexo, grupo etario y región corporal.

#### **Hipótesis Específica 3:**

Las distintas características tecnológicas y la densidad folicular de las llamas Ch'aku y Q'ara, muestran niveles altos de asociación.

## 2.6. Variables de estudio

Tabla 2.

### Operacionalización de variables

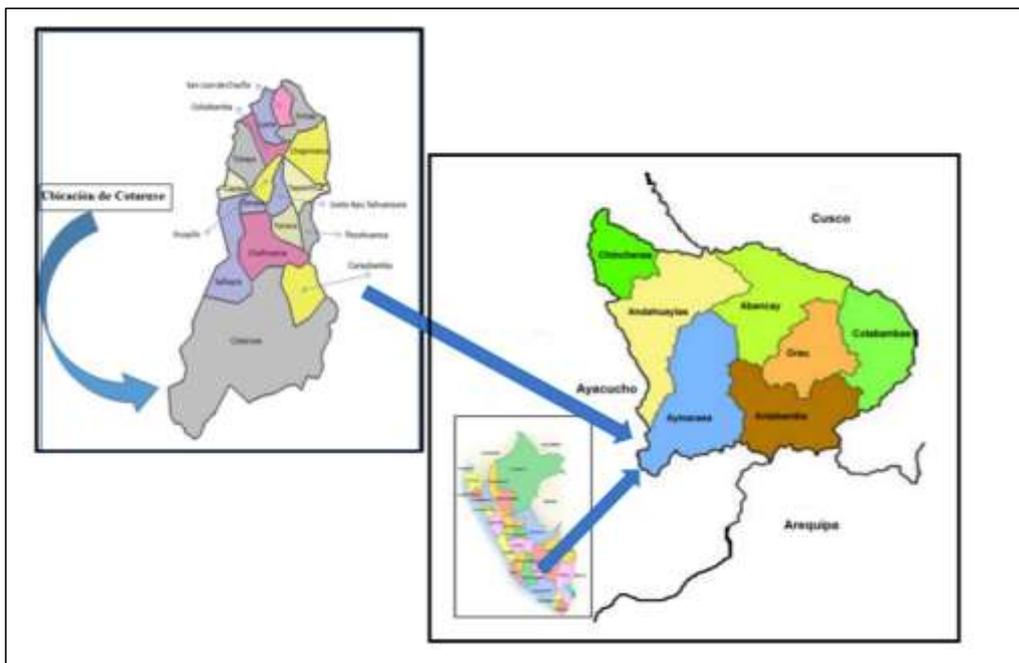
Variables	Indicadores	Instrumento
<b>Dependientes</b>		
Diámetro medio de fibra	Micras, $\mu\text{m}$	OFDA 2000
Desviación estándar del diámetro medio de la fibra	Micras, $\mu\text{m}$	OFDA 2000
Coefficiente de variación del diámetro medio de fibra	Valores relativos, %	OFDA 2000
Factor de confort	Valores relativos, %	OFDA 2000
Índice de curvatura	Grado de ondulación de la fibra, mm	OFDA 2000
Densidad folicular	Numero de folículos /mm <sup>2</sup>	Microscopio
Índice folicular	Folículos secundarios/primarios	Microscopio
<b>Independientes</b>		
Raza	Ch'aku y Q'ara (por sus características fenotípicas)	Observación directa
Sexo	Macho y hembra	Observación directa
Región corporal	Paleta, costillar medio y grupa	Muestreo
Grupo etario	Dientes de leche, 2 dientes, 4 dientes y boca llena	Dentición

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Lugar de estudios

El presente trabajo de investigación se realizó en el distrito de Cotaruse, provincia de Aymaraes de la región Apurímac. Según, el Censo Nacional Agropecuario a nivel provincia se tenía una población de 7,526 animales y Cotaruse 5,397 llamas distribuido en razas Ch'aku y Q'ara (CENAGRO, 2012).



**Figura 3.** Ubicación de la región de Apurímac y la provincia de Aymaraes

El espacio de estudio está ubicado en la Puna Seca, entre los 3,900 y 5,400 msnm, con temperatura que varían de -5 a -12 °C por las noches y en el día desde 11 a 24 °C, con precipitaciones pluviales de 500 a 700 mm/año. El distrito de Cotaruse, está ubicada a una coordenada de 14°18'04"S y 73°13'52"O (Florez, 2001).

### 3.2 Población

La provincia de Aymaraes tiene una población de 7,526 llamas, y el distrito de Cotaruse una población total de llamas de 5,397 de ambas razas “Q’aras y Ch’akus” (CENAGRO, 2012), siendo la población un grupo de animales con características definidas.

### 3.3 Muestra

En el presente trabajo de investigación se ha utilizado una muestra no probabilística de 160 llamas para Ch’aku y Q’ara, distribuidos homogéneamente para ambas razas, para las características tecnológicas, se agrupó por grupos etarios, sexos y tipos de fibra, donde se obtuvieron un total de 960 muestras de fibra para Ch’aku y Q’ara, de los cuales 480 corresponde al tipo de fibra sin-descerदार y 480 para fibra descerदार, de estos 120 por cada grupo etario (DL, 2D, 4D, BLL) y de los cuales 40 fueron por cada región corporal de muestreo paleta, costillar medio y grupa Figura 4.

Para la densidad folicular, se consideró los mismos animales en estudio (160), se han obtenido un total 480 muestras, distribuidos a la mitad para cada raza (Ch’aku y Q’ara), de estos 60 fueron por cada grupo etario antes mencionado, y de los cuales 20 fueron por cada zona región corporal y de estos 10 se consideraron por cada sexo.

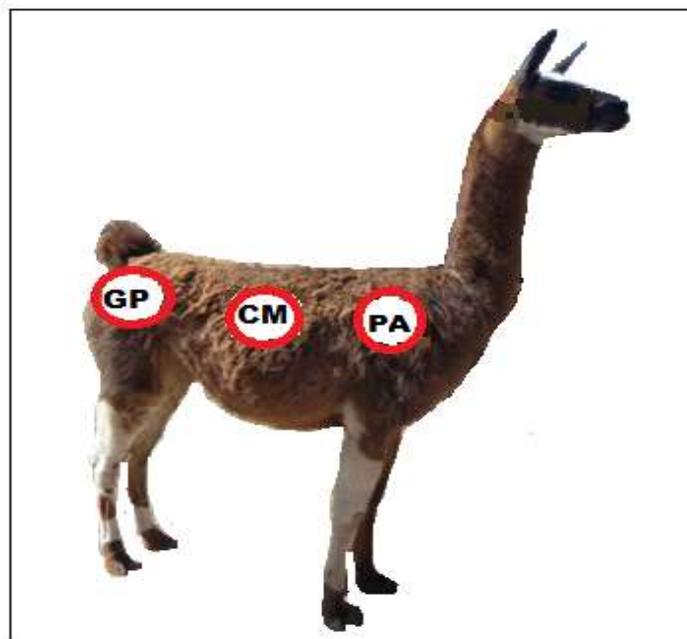


Figura 4. Regiones corporales de muestreo

### 3.4 Método de investigación

#### 3.4.1. Toma de muestras para fibra

Para realizar el muestreo de fibras en llamas, previamente se ha seleccionado todos los animales sin malformaciones congénitas, clínicamente sanos. Con anterioridad se ha realizado la sensibilización a los propietarios para realizar la biopsia y muestreo de fibras. Luego se obtuvo muestras de fibra y piel de las regiones corporales: paleta (PA), costillar medio (CM) y grupa GP) de las llamas Ch'aku y Q'ara, se consideró, además los grupos etarios de diente de leche (DL), dos dientes (2D), cuatro dientes (4D) y boca llena (BLL).

Se recolectó 480 muestras de fibra sin descerderar y 480 muestras fibra descerdadas, para Ch'aku y Q'ara respectivamente, obteniéndose un total de 960 muestras de fibra para ambas razas, considerando grupo etario, sexo y región corporal. La toma de muestras se realizó por las mañanas con el fin de no perjudicar la alimentación de los animales. Para la obtención de las muestras de fibra, se ha sujetado el animal con la ayuda de dos personas, posteriormente se realizó boqueo para diferenciar las edades de los animales. Luego se indagó el inicio de la mecha, después se prosiguió a separar y cortar 10 g de fibra, según Aylan-Parker & McGregor, (2002), seguidamente se cortó la mecha utilizando una tijera curva de punta roma, de las tres regiones corporales (paleta, costillar medio y grupa), las muestras fueron identificados con tinta indeleble con sus respectivas características en la bolsa de polietileno, la mitad de las muestras fueron descerdadas (480) y otra la mitad se conservaron sin descerderar (480).

#### 3.4.2. Muestras para densidad de fibra

Las muestras para la biopsias de la piel, se realizado por las mañanas, en los mismos animales donde se ha extraído la fibra 10 g, de las tres regiones corporales, para realizar este procedimiento de la biopsia, primeramente se ha realizado la asepsia y tricotomía en una área de 4x4 cm utilizando hojas de afeitar desechables de acero inoxidable, luego se procedió con la inyección de la anestesia local de lidocaína al 2% vía sub cutánea infiltrando con una aguja de 21 G. posteriormente ubicarnos del lado derecho de cada animal (Pallotti et al., 2020), las muestras se tomaron utilizando un sacabocado Punch de 0.8 mm de diámetro, el procedimiento se ha realizado presionando a la piel en forma circular hasta obtener la piel junto al saca bocado, de las tres regiones corporales del animal (paleta, costillar medio y grupa), asimismo, la

herida abierta en algunos animales fueron suturados previa desinfección con sutura punto simple, para cerrar los puntos se usó vicryl y nylon en las tres regiones corporales, para evitar infecciones se usó curabichera vía tópica, las biopsias obtenidas de las regiones corporales, fueron envueltas con gasa estéril junto al papel cansón, en la misma se rotulo con lápiz las siglas de PA, CM y GP, posteriormente se depositó las tres muestras en un solo frasco con formol al 10%, cerrándose herméticamente, los frascos también se identificaron con las características así como (raza, sexo, edad, región corporal, fecha y lugar de procedencia), los frascos fueron trasladados al laboratorio de Histología e Embriología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNA-Puno. Asimismo, para identificar las regiones corporales, se consideró el hueso escapular, pared costal derecha sobre la décima costilla y pubis entre articulación coxofemoral, se ha realizado cortes horizontales (paralelos a la piel) para la densidad folicular, se utilizó animales vivos.

### **3.4.3. Método del descerchado de las fibras**

Este procedimiento se ha realizado en el laboratorio de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. El proceso del descerchado manual consistió en retirar las fibras más gruesas “cerdas” de las fibras finas, sabiendo que el vellón de la llama tiene dos capas, una fibra fina en la parte interna y el pelo o cerda en la parte externa del animal, la parte externa fue descerchado de forma manual usando método tacto-visual, según descrito por Frank et al., (2011). En el proceso del descerchado, se realizó en las 480 muestras de fibra sin descerchar, se trabajó sobre una superficie plana, con una lámina de vidrio con fondo de contraste negro y blanco para ubicar o identificar las cerdas, luego se ha extraído todas las fibras gruesas con la ayuda de una pinza y un amplificador de visión (lupa), hasta tener una visión panorámica de homogeneidad de las fibras, y fueron devueltos a sus respectivos bolsas o envases los 480 muestras. Finalmente fueron transportados las 960 muestras al Laboratorio de fibras de la UNSAAC-La Raya Cusco. Los análisis se han realizado con el equipo OFDA 2000, en fibras sin-descerchar y descerchados, el mismo que nos proporcionó información muy detallada como: el diámetro medio de la fibra (DMF), desviación estándar del diámetro medio de la fibra (DEMF) coeficiente de variación (CVD MF), factor de confort (FC) e índice de curvatura (CRV). Una vez obtenido los datos analizados del OFDA, posteriormente se realizó el análisis estadístico, previo un análisis exploratorio para

verificar el cumplimiento de normalidad y homogeneidad de varianza. En el análisis estadístico se empleó el software estadístico R v. 3.1.2. (R Core Team, 2014).

#### **3.4.4. De laboratorio**

##### **3.4.4.1. Técnica histológica**

Para la identificación de los folículos pilosos primarios y secundarios, de las muestras de piel fueron procesadas según la técnica usual de inclusión en parafina sólida, haciendo referencia que se han efectuado los cortes, una en zona profunda de la dermis y en la zona superficial de la dermis a nivel de los tallos pilosos, para determinar la densidad folicular.

Para determinar el número de folículos por milímetro cuadrado de la piel, se utilizó, los cortes histológicos mediante uso de micrótopo semiautomático para las muestras de piel (biopsias) obtenidas anteriormente.

### **3.5 Descripción detallada de métodos por objetivos específicos**

#### **3.5.1 Método para las características tecnológicas y densidad folicular**

Para cumplir los objetivos de esta investigación se ha realizado una revisión de trabajos de investigación sobre las características textiles de la fibra de llama, utilizando metodologías ya descritas (Paucar, 2020 y Antonini, 2010).

##### ***Materiales de campo***

- Corral para sujeción de llamas
- Cuadernos de apuntes
- Tijeras mayo
- Sobres de papel
- Pinza simple
- Sacabocado punch de 0.8 mm
- Gasa de algodón con sus respectivas ligaduras
- Yodo
- Alcohol al 70%
- Formol al 10%
- Bolsas de polietileno
- Plumón indeleble
- Frascos estériles



- Agua destilada
- Guillet
- Afeitador
- Jabón
- Sobres manila
- Cámara fotográfica

### ***Materiales de laboratorio (Histología)***

- Agua corriente y destilada
- Alcohol absoluto
- Parafina líquida y sólida
- Cloroformo y xilol
- Moldes de Leuckhart para tacos
- Colorantes Eosina y Hematoxilina
- Carbonato de litio
- Estufa
- Micrótopo semiautomático
- Batería de coloración
- Microscopio
- Baño maría
- Vasos precipitados
- Congeladora
- Batería de coloración

### **3.5.2. Procedimiento para densidad folicular**

- Fijación**, todas las muestras de biopsia obtenidas, previa codificación e identificación son guardados herméticamente en un frasco con formol (10%).
- Ligadura**, Este procedimiento, se realizó en el laboratorio, las muestras (biopsias) deben ser sujetadas con un pabilo junto con una gaza estéril, previa identificación con lápiz 2B, una vez ligados se introdujo en los vasos precipitados de boca ancha, finalmente, poner agua a chorro lento.

c. **Lavado**, las muestras que fueron ligados anteriormente son lavadas con agua corriente por 12 horas, este procedimiento se realizó para limpiar el formol que fue utilizado en la fijación.

d. **Proceso de deshidratación.**

Después de haber fijado los tejidos, fue necesario realizar el proceso de deshidratación por cuanto son ricos en agua. Además, para la inclusión fue imprescindible trabajar con tejidos completamente deshidratados. Para este procedimiento se utilizó una sustancia alcohol etílico que es soluble en el agua y tiene cierta afinidad con ella. Estos tejidos anteriormente han sido fijados en formol al 10%, para este procedimiento primero se ha identificado las muestras que van a ser sometidos a este proceso, con lápiz utilizando los códigos en un papel y luego se amarra con hilos de algodón en un extremo de la gaza, para posteriormente llevar al vaso precipitado para ser lavado durante 24 horas, en frascos precipitados de 200 ml en el mismo laboratorio de la FMVZ de la UNA Puno.

Para el proceso de deshidratación se pasó en alcoholes ascendentes, según el protocolo del laboratorio.

- Primero, en alcohol a 70 % por una hora
- Segundo en alcohol a 70% por una hora
- Tercero en alcohol al 70% por una hora
- Cuarto en alcohol etílico al 75% más agua destilada 25% una hora
- Quinto en alcohol etílico al 75% más agua destilada 25% por un ahora
- Sexto en alcohol etílico al 80% por una hora
- Séptimo en alcohol al 90% por una hora
- Octavo en alcohol al 100% por una hora
- Noveno en alcohol al 100% por una hora
- Decimo en cloroforma al 100% por una hora.

e. **Proceso de inclusión en parafina.**

En el parafinado se utilizó cuatro frascos de parafina en la estufa a una temperatura de 55 °C durante una hora. Este procedimiento se realizó con las muestras que ya pasaron el proceso de la deshidratación, para luego pasar seguidamente a la inclusión en parafina, con el objetivo de impregnar, la parafina en los tejidos de tal forma que



- Alcohol absoluto al 100%      tres minutos
- Alcohol absoluto al 100%      tres minutos
- Alcohol absoluto al 95%        tres minutos
- Agua destilada                    cinco minutos
- Hematoxilina de Harris        cinco minutos
- Agua destilada                    un minuto
- Alcohol acido                      sumergir
- Agua destilada                    sumergir
- Carbonato de litio                cinco minutos
- Agua destilada                    cinco minutos
- Eosina                                un minuto
- Alcohol absoluto al 100%      dos minutos
- Alcohol absoluto al 100%      dos minutos
- Alcohol absoluto al 95%        dos minutos
- Xilol                                  tres minutos
- Xilol                                  tres minutos
- Xilol                                  quince minutos
- Montaje en bálsamo de Canadá

Para le montaje se utilizó bálsamo de Canadá, diluido a manera de jarabe con Xilol se colocó por encima de la laminilla cubre objetos, una vez colocado una gota pequeña de bálsamo de Canadá en seguida se secó la laminilla portaobjetos del último vaso del Xilol y donde esta filo el corte ya coloreado se adhiere a la gota de bálsamo de Canadá, luego se fijó a la laminilla sobre el corte cubriéndola totalmente, y para que este firmemente pegado a la lámina, y no haya glóbulos de aire se presionó cuidadosamente con una pinza de punta ancha y se dejó al medio ambiente para que seque.

#### **3.5.4. Lectura de imágenes**

Se utilizó un microscopio Leica que contenía el software LAS EZ 3.4 DVD 272. Asimismo, tenía una cámara de muy buena definición ("HD"). Este microscopio tenía los medios de aplicación, para la obtención de fotos en alta definición ("HD") con resolución de  $1920 \times 1080$  sin escala. La cámara siempre se enciende en modo HD a través del cable HDMI. Las imágenes fueron captadas desde el microscopio hacia una laptop, la visualización de galerías de imágenes primero fue por el laptop y

posteriormente se guardaron a la tarjeta SD por medio del cable USB desde un ordenador, se inició con el software de captura y proceso de imágenes, luego software Leica da inicio, junto con la cámara del PC, para posteriormente usar el software de captura y procesamiento de imágenes. Se ha visualizado las imágenes de los folículos a través de un microscopio Leica con un objetivo de 10 X, la imagen se visualizó tomando en cuenta la zona más adecuada para el conteo de la densidad folicular, seguidamente se ubicó los folículos primarios y secundarios estas imágenes se guardan en un ordenador, finalmente se ha utilizado un factor de corrección de 0.62281, debido al encogimiento que sufren los tejidos durante los procedimientos histológicos.

### **3.5.5. Aplicación de pruebas estadísticas**

#### **3.5.5.1. En las características tecnológicas de la fibra sin-descerदार y descerदार en llamas Ch'aku**

##### **a. Diseño experimental**

Con el propósito de encontrar diferencias en el descerदार de las llamas en ambas razas (Ch'aku y Q'ara) se empleó un diseño completo al azar (DCA) con un arreglo factorial de  $4 \times 3 \times 2 \times 2$  considerando los factores grupo etario, región corporal, tipo de fibra y razas de llamas, respectivamente. Debido a que el sexo no fue significativo sobre cada uno de las características tecnológicas de la fibra, en previo análisis, esta fue retirada del modelo, quedando un modelo simplificado. Para analizar los efectos sobre las características tecnológicas de la fibra dentro de cada raza de llama, se procedió a analizar los datos por separado (Ch'aku o Q'ara), a través de un DCA con un arreglo factorial  $4 \times 3 \times 2 \times 2$  considerando los factores grupo etario, región corporal, tipo de fibra y raza respectivamente. Debido a que el sexo no fue significativo (como en caso anterior) se procedió a retirar del modelo.

En todos los casos, se ha verificado el cumplimiento de los supuestos de normalidad, homogeneidad de las varianzas y la independencia de los residuos, mediante la prueba de Anderson-Darling, prueba de Levene y ploteo de errores.

Las variables respuesta tales como coeficiente de variación de MDF (CVMDF), factor de confort (FC) e índice de curvatura (CRV) fueron sometidos a una transformación trigonométrica (arcoseno), en cambio el diámetro medio de la fibra (DMF) y la desviación estándar del diámetro medio de la fibra (DEMF) a una transformación de box-cox. En cada uno de las variables, se hizo el examen

detección y remoción de valores atípicos. Las comparaciones múltiples de las medias fueron analizadas mediante la prueba de Tukey con un nivel de confianza de 95%.

### b. Análisis estadístico

$$Y_{ijkl} = \mu + \rho_i + \alpha_j + \beta_k + \tau_l + (\rho\alpha)_{ij} + (\rho\beta)_{ik} + (\alpha\tau)_{jl} + (\beta\tau)_{kl} + (\alpha\beta)_{jk} + (\alpha\tau)_{jl} + (\beta\tau)_{kl} + (\rho\alpha\beta)_{ijk} + (\alpha\beta\tau)_{jkl} + (\rho\alpha\beta\tau)_{ijkl} + e_{ijkl}$$

$i = 1, 2, 3, 4$  (Grupo etario)

$j = 1, 2, 3$  (Región corporal)

$k = 1, 2$ , (Tipo de fibra)

$l = 1, 2$  (Raza)

Donde:

$Y_{ijkl}$  = Diámetro medio de fibra (MDF), desviación estándar (DSMDF), coeficiente de variación de MDF (CVMDF), factor de confort (FC) e índice de curvatura (CRV)

$\mu$  = Constante media de la población

$\rho_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo factor grupo etario

$\alpha_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo factor región corporal

$\beta_k$  = Efecto del  $k$ -ésimo factor tipo de fibra

$\tau_l$  = Efecto del  $l$ -ésimo factor raza de llama

$(\rho\alpha)_{ij}$  = Efecto interacción grupo etario y región corporal

$(\rho\beta)_{ik}$  = Efecto interacción grupo etario y tipo de fibra

$(\rho\tau)_{il}$  = Efecto interacción grupo etario y raza

$(\alpha\beta)_{jk}$  = Efecto interacción región corporal y tipo de fibra

$(\alpha\tau)_{jl}$  = Efecto interacción región corporal y raza

$(\beta\tau)_{kl}$  = Efecto interacción tipo de fibra y raza

$(\rho\alpha\beta)_{ijk}$  = Efecto interacción grupo etario, región corporal y tipo de fibra

$(\alpha\beta\tau)_{jkl}$  = Efecto interacción región corporal, tipo de fibra y raza

$(\rho\alpha\beta\tau)_{ijkl}$  = Efecto interacción grupo etario, región corporal, tipo de fibra y raza

$e_{ijkl}$  = Efecto del error no controlado

### 3.5.5.2. En las densidades foliculares de la fibra de llamas Ch'aku y Q'ara

#### a. Diseño experimental

La información sobre las densidades foliculares de la piel de llamas Ch'aku y Q'ara se analizaron mediante un diseño completo al azar (DCA) bajo un arreglo factorial  $2 \times 4 \times 3 \times 2$ , considerando los factores sexo (hembras y machos), grupo etario (dientes de leche, dos dientes, cuatro dientes y boca llena), región corporal (costillar medio, grupa y paleta) y razas (Ch'aku y Q'ara).

El análisis por raza de llama (Ch'aku o Q'ara) se realizó mediante un DCA con arreglo factorial de  $2 \times 4 \times 3$ , considerando los factores sexo, grupo etario y región corporal. Similar al anterior, los datos fueron sometidos a la evaluación y remoción de valores extremos. Se implementó una transformación de Box-Cox a las variables en estudio para aproximar al cumplimiento de normalidad.

En todos los casos, se analizaron el cumplimiento de los supuestos de normalidad, tales como la normalidad, homogeneidad de las varianzas y la independencia de los residuos, mediante las pruebas de Anderson-Darling, prueba de Levene y Durbin-Watson, respectivamente. Cada una de las variables correlacionados, tales como media de la densidad folicular (MDFo) y media del índice folicular (MIFo) fueron sometidos a un examen de detección y remoción de valores atípicos con el propósito de acercar estas variables al cumplimiento del supuesto de normalidad mediante una transformación de Box-Cox.

Las comparaciones múltiples de las medias fueron analizadas mediante la prueba de Tukey con un nivel de confianza de 95%.

## b. Análisis estadístico

$$Y_{ijkl} = \mu + \rho_i + \alpha_j + \beta_k + (\rho\alpha)_{ij} + (\rho\beta)_{ik} + (\alpha\beta)_{jk} + (\rho\alpha\beta)_{ijk} + e_{ijk}$$

$$i = 1, 2 \text{ (Sexo)}$$

$$j = 1, 2, 3, 4 \text{ (Grupo etario)}$$

$$k = 1, 2, 3 \text{ (Región corporal)}$$

Donde:

$Y_{ijkl}$  = Densidad de los folículos primarios (MDFP), media de la densidad de los folículos secundarios (MDFS), media de la densidad folicular (MDFo) y media del índice folicular (MIFo)

$\mu$  = Constante media de la población

$\rho_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo factor sexo

$\alpha_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo factor grupo etario

$\beta_k$  = Efecto del  $k$ -ésimo región corporal

$(\rho\alpha)_{ij}$  = Efecto interacción entre sexo y grupo etario

$(\rho\beta)_{ik}$  = Efecto interacción entre sexo y región corporal

$(\alpha\beta)_{jl}$  = Efecto interacción entre grupo etario y región corporal

$(\rho\alpha\beta)_{ijk}$  = Efecto interacción entre sexo, grupo etario, región corporal

$e_{ijkl}$  = Efecto del error no controlado

### 3.5.5.3. En las relaciones entre características tecnológicas de la fibra con las densidades foliculares de la piel de llamas

#### a. Diseño experimental

Los datos que correspondían a llamas Ch'aku o Q'ara fueron sometidos por separado a una evaluación de normalidad a través del test de Anderson-Darling. Previamente se hizo el examen de detección y remoción de valores atípicos. Asimismo, el DMF fue sometido a una transformación arcoseno, las demás variables a una transformación de Box-cox. Debido a que no todas las variables ajustaban a la normalidad se utilizó la prueba no paramétrica de correlación de Spearman con el propósito de estimar el grado de asociación entre las variables DMF (diámetro medio de la fibra), CF (factor de confort), CRV (índice de curvatura), MDFO (media de la densidad folicular) y MIFO (media del índice folicular).

#### b. Análisis estadístico

La estimación de la correlación entre las variables en estudio, se realizó mediante la prueba no paramétrica de correlación de Spearman, con la siguiente fórmula:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

Donde:

n = Número de signos o indicadores que se clasifican.

d = Diferencia de los dos rangos definidos correspondientes a las dos variables específicas de cada sujeto.

$d_i^2$  = Suma de todos los cuadrados de las diferencias de los rangos del atributo, cuyos cuadrados se estiman por separado para cada rango.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Efecto del descerchado sobre las características tecnológicas en la fibra de llamas Ch'aku y Q'ara.

En la Tabla 3, se observa las comparaciones de la fibra descerchado y sin descerchar en llamas de las dos razas. Se aprecia que el CVDMF se encontró diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en la fibra descerchada y sin descerchar en las llamas. Asimismo, presentó diferencias en la interacción raza con tipo de fibra para el DMF (Anexo 9), CRV (Anexo 11), CF (Anexo 12) y SD (Anexo 13), pero no en CVDMF (Anexo 10). Las características del vellón de la llama es mixta y requiere un proceso de descerchado, en este proceso las fibras más gruesas y menos valiosas se separan de las más finas y valiosas, la presencia de estas fibras gruesas afecta los atributos visuales y táctiles de la prenda; una idea errónea es que las fibras de llamas no son adecuadas para prendas próximas a la piel, ya que son incómodas o espinosas, esta afirmación es por el efecto a una reacción alérgica, sensación incómoda relacionada con la dimensión física de la fibra (Frank et al., 2011). Con el descerchado se permitió lograr fibras más homogéneas y más finas, en donde el factor de confort se incrementó (menor factor de picazón) y finalmente se obtiene mayor índice de curvatura. Los resultados encontrados fueron superiores a Frank (2011), quien encontró en la fibra descerchada de llama una diferencia de  $-0.27 \pm 0.30 \mu\text{m}$  (Argentina), y fue inferior al reportado por Paucar (2020) donde encontró una diferencia de  $-14.4 \mu\text{m}$  en llamas (Huancavelica).

Se puede deducir que la mayor finura se presentó en las llamas dientes de leche, de ambas razas y tipos de fibra, para luego mostrar algunas particularidades, que tienden a engrosar paulatinamente a medida que avanza la edad de la llama, debido probablemente a factores anatómo-fisiológicos del desarrollo corporal del animal (Mansilla, 1988). Por otro lado, Wheeler et al. (1995) indica que las investigaciones arqueológicas han

demostrado que las llamas se criaban para producir fibra fina para la actividad textil precolombina, en lugar de transporte como se creía generalmente; estos estudios indicaron la existencia de animales con colores uniformes con doble capacidad que los animales actuales para producir fibra, y una alta uniformidad en el diámetro medio (22.2  $\mu\text{m}$ ).

Tabla 3.

**Efecto del descerदार sobre las características tecnológicas en la fibra de llamas Ch'aku y Q'ara.**

Efectos	Tipo de fibra	DMF( $\mu\text{m}$ )	DEMF( $\mu\text{m}$ )	CVDMF%	CF%	CRV( $^{\circ}/\text{mm}$ )
		(Media $\pm$ EE)	(Media $\pm$ EE)	(Media $\pm$ EE)	(Media $\pm$ EE)	(Media $\pm$ EE)
		***	***	***	*	*
Principales	Sin-descerदार (480)	24.03 $\pm$ 0.16a	5.83 $\pm$ 0.06a	24.34 $\pm$ 0.07 <sup>a</sup>	87.28 $\pm$ 0.41b	33.89 $\pm$ 0.36b
	Descerदार (480)	22.70 $\pm$ 0.16b	4.86 $\pm$ 0.04b	21.34 $\pm$ 0.09 <sup>b</sup>	90.95 $\pm$ 0.39a	36.48 $\pm$ 0.39a
		***	***	n.s.	*	*
Raza (RA)	Ch'aku sindescerदार	22.19 $\pm$ 0.20 <sup>b</sup>	5.39 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>		90.89 $\pm$ 0.39 <sup>c</sup>	30.67 $\pm$ 0.57 <sup>a</sup>
×	Ch'aku descerदार	20.92 $\pm$ 0.19 <sup>a</sup>	4.49 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>		94.83 $\pm$ 0.35 <sup>d</sup>	32.34 $\pm$ 0.57 <sup>b</sup>
Tipo de fibra (TF) (FSD y FD)	Q'ara sindescerदार	25.88 $\pm$ 0.19 <sup>d</sup>	6.28 $\pm$ 0.06 <sup>d</sup>		83.46 $\pm$ 0.63 <sup>a</sup>	36.88 $\pm$ 0.35 <sup>c</sup>
	Q'ara descerदार	24.47 $\pm$ 0.18 <sup>c</sup>	5.24 $\pm$ 0.06 <sup>c</sup>		87.09 $\pm$ 0.60 <sup>b</sup>	40.37 $\pm$ 0.38 <sup>d</sup>

Variables: fibra sin descerदार (FSD), fibra descerदार (FD), diámetro medio de fibra (DMF), desviación estándar (DSMDF), coeficiente de variación de MDF (CVDMF), factor de confort (FC) e índice de curvatura (CRV). <sup>ab</sup> Letras distintas indican diferencia significativa  $p < 0.05$ : \*,  $p < 0.01$ : \*\*,  $p < 0.001$ : \*\*\*, ns: no significativo

**Diámetro medio de la fibra.** El descerदार de la fibra de la llama Ch'aku permitió disminuir el diámetro medio de 22.19 a 20.92  $\mu\text{m}$  ( $p \leq 0.001$ ). Similarmente ocurrió en llamas Q'ara que después de descerदार la fibra, disminuyó el DMF de 25.88 a 24.47  $\mu\text{m}$ . Además, la fibra de las llamas tuvieron una diferencia en la finura de fibra entre razas, siendo menor el DMF de llamas Ch'aku descerदार (20.92  $\mu\text{m}$ ) que en Q'ara descerदार (24.47  $\mu\text{m}$ ). Las medias encontrados son superiores a Calsín et al. (2014) que encontró 19.15 $\pm$ 1.56  $\mu\text{m}$  y 21.59 $\pm$ 1.31  $\mu\text{m}$  en Ch'aku y Q'ara respectivamente. Por otro parte, los resultados encontrados fueron inferiores a Paucar (2021) donde reporta 27.94 $\pm$ 0.51 y 25.42 $\pm$ 0.54  $\mu\text{m}$  en llamas Q'ara antes y después del descerदार respectivamente. Asimismo, Laime et al. (2016) reportó en la fibra de llamas Ch'aku sin-descerदार de 22.49 $\pm$ 0.24  $\mu\text{m}$ , pero en las llamas con fibra descerदार el DMF disminuyó hasta 21.79  $\pm$ 0.22  $\mu\text{m}$ . Asimismo, las diferencias entre razas fueron similares a los reportes de Mansilla (1988) quien señala que las llamas Ch'aku tienen mayor finura que las Q'ara, por otro lado, Chura (2003) encontró una media en llamas Ch'aku y Q'ara 22.63 $\pm$ 2.12 y 22.82 $\pm$ 2.37  $\mu\text{m}$  en llamas con fibra sin-descerदार en la puna seca de la región Puno, Sin embargo, Arpasi (1999) encontró una media general de 22.02 $\pm$ 2.31 y

23.75±3.33  $\mu\text{m}$  en Ch'aku y Q'ara respectivamente CIP La Raya Puno. Asimismo, Antonini (2010) reportó un valor de 29.56±0.24  $\mu\text{m}$  para la fibra de llamas Ch'aku sin-descerदार (Tocra, Arequipa). Desde hace muchos años, la fibra de llama es considerando como vellón grueso y resistente. Además, el DMF es bastante variable entre ambas razas en la fibra sin-descerदार, como se aprecia en la Tabla 3. Los resultados del DMF, le otorga a la llama, de ambas razas, una especie productora de fibra de calidad aceptable para la industria textil, aunque para lograr dicho valor agregado es necesario realizar el descerदार de la fibra de las llamas, debido a factores genéticos propios de cada raza de llama.

En el proceso de descerदार manual, se utiliza vellones de doble capa, y con el uso de tecnología de descerदार se puede conseguir una reducción de finura de 2  $\mu\text{m}$  (Seghetti et al., 2008). Los trabajos realizados están muy próximos a los valores encontrados del descerदार. Desde el punto de vista del consumidor se puede afirmar que el descerदार reduce la sensación de picor (Frank et al., 2011).

***Desviación estándar del diámetro de medio de la fibra.*** Se encontró que esta variable tuvo una diferencia significativa ( $p \leq 0.001$ ) en la raza Ch'aku y Q'ara con respecto a la fibra sin-descerदार y descerदार. Las medias para Ch'aku en la fibra sin-descerदार y descerदार fueron 5.39±0.05 y 4.49±0.05  $\mu\text{m}$ , y para la raza Q'ara en la fibra sin-descerदार y descerदार fueron 6.28±0.06 y 5.24±0.06  $\mu\text{m}$ , respectivamente (Tabla 3), siendo estos resultados superiores a Bernabé (2015) que encontró valores de 4.78±0.91  $\mu\text{m}$  en llamas Ch'aku en la fibra sin-descerदार (Huancavelica, Perú), probablemente por la aplicación de la mejora genética. Entendiéndose que, cuanto mayor es la desviación estándar del diámetro de fibra, mayor será la dispersión y poca la homogeneidad. Se observa que existe menor grado de dispersión, cuando se realiza el descerदार manual (Tabla 3).

***Coefficiente de variación del diámetro de fibra.*** Se encontró que existe diferencia significativa ( $p \leq 0.001$ ) en los efectos principales y no se encontró interacción entre las variables de estudio (Tabla 3). Además, los resultados obtenidos en la fibra sin-descerदार y descerदार fueron 24.34±0.07 y 21.34±0.09 % respectivamente. Estos son similares a Bernabé (2015), que encontró en llamas Ch'aku 21.2±2.23 %. Asimismo, Paucar (2020), reportó el CVDMF en llamas en la fibra sin-descerदार y descerदार valores de 31.44 y 19.86 % respectivamente (Huancavelica). Por otro lado, Paucar

(2021) encontró valores superiores como  $33.83 \pm 0.68$  y  $23.86 \pm 0.35$  en llamas Q'ara sin-descerदार y descerदार (Puno). Sin embargo, Coates & Ayerza (2004) obtuvieron 24.96 % (Argentina), siendo muy próximos a los requerimientos de la industria textil. Estas diferencias se deberían probablemente al factor de alimentación, el medio geográfico y enfermedades presentes en la zona. Como se sabe, la industria textil acepta 24 % de CVDMF, y los valores encontrados en esta investigación, se encuentran dentro de este requerimiento.

**Factor de confort.**, Para esta variable se encontró una diferencia significativa ( $p \leq 0.001$ ) en la fibra de llamas Ch'aku sin-descerदार y descerदार (Tabla 3) con valores de  $90.89 \pm 0.39$  y  $94.83 \pm 0.35$  % respectivamente, y para llamas Q'ara en la fibra sin-descerदार y descerदार se encontró  $83.46 \pm 0.63$  y  $87.09 \pm 0.60$  %, respectivamente. Estos resultados son superiores a Sacchero & Sáenz (2017), quienes encontraron FC de 77.4 % en llamas adultas y 88.1 % en llamas a la primera esquila. Los resultados, también fueron superiores a Paucar (2021) quien encontró en la fibra de llama Q'ara sin-descerदार y descerदार medias de  $70.62 \pm 1.73$  y  $79.62 \pm 1.89$  %. También fue mayor al reportado por Paucar (2020) en la fibra de llamas sin-descerदार y descerदार ( $55.43$  y  $90.94$  % respectivamente), aunque no informó la raza (Huancavelica). Estas diferencias se relacionan con la finura de la fibra en estos animales.

**Índice de curvatura.** Los resultados indican la existencia de una diferencia significativa ( $p \leq 0.001$ ) en CRV de llamas Q'ara y Ch'aku. El índice de curvatura está considerada como alto cuando tiene mayor cantidad de rizos en la fibra, pero cuando la curvatura  $< 50$  °/mm se define como baja; cuando la curvatura esta entre de 60 a 90 °/mm es considerado media, y si sobrepasa los 100 °/mm es considerado alto (Holt, 2006). Los resultados obtenidos en este estudio son inferiores a Sacchero & Sáenz (2017) quien encontró 66.5, y 60.2 °/mm en llamas adultas y jóvenes respectivamente. Asimismo, Paucar (2020), encontró valores (Huancavelica) de 29.99 y 40.92 °/mm en la fibra sin-descerदार y descerदार respectivamente, en llamas donde no se ha informado la raza.

Frank et al., (2011), encontró en llamas Ch'aku en índice de curvatura media 37.77 y 42.43 °/mm en la fibra sin-descerदार y descerदार, respectivamente. Asimismo, Siguyro (2009) encontró en la fibra descerदार en llamas Ch'aku de un año, valores de  $49.96 \pm 5.75$  °/mm. Las diferencias se deberían probablemente a la alimentación y factores genéticos propios del animal, si diámetro de fibra es mayor por ende su factor

de confort es menor. Según Holt (2006), los resultados encontrados respecto al índice de curvatura en llamas Ch'aku y Q'ara son  $<50$  °/mm siendo bajos a este autor.

## 4.2. Características tecnológicas de la fibra sin-descerदार y descerदार en las llamas

### 4.2.1 Características tecnológicas de la fibra sin-descerदार y descerदार en llamas Ch'aku.

En la Tabla 4, se observan cada una de las características tecnológicas de la fibra de llamas Ch'aku sin-descerदार y descerदार incluyendo la media y su error estándar, sin embargo la edad si afectó y la región corporal no ha sido muy variables.

Tabla 4.

#### Media de las características tecnológicas de la fibra de llamas Ch'aku sin-descerदार y descerदार, según grupo etario y región corporal.

Ch'aku	MDF( $\mu\text{m}$ )		DEMF( $\mu\text{m}$ )		CVDMF(%)		FC(%)		CRV(°/mm)	
	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE
<b>Sin-descerदार</b>	<b>22.01<sup>a</sup></b>	<b>0.17</b>	<b>5.36<sup>a</sup></b>	<b>0.05</b>	<b>24.40<sup>a</sup></b>	<b>0.10</b>	<b>92.02<sup>b</sup></b>	<b>0.24</b>	<b>28.38<sup>b</sup></b>	<b>0.42</b>
Grupo etario	***		***		***		n.s.		***	
2D 60	21.48 <sup>b</sup>	0.21	5.32 <sup>b</sup>	0.06	24.80 <sup>a</sup>	0.14	91.92 <sup>a</sup>	0.38	25.96 <sup>b</sup>	0.53
4D 60	22.29 <sup>b</sup>	0.16	5.37 <sup>b</sup>	0.07	24.24 <sup>ab</sup>	0.18	92.56 <sup>a</sup>	0.30	31.26 <sup>a</sup>	1.16
BLL 60	24.28 <sup>a</sup>	0.41	5.88 <sup>a</sup>	0.14	23.79 <sup>b</sup>	0.22	91.65 <sup>a</sup>	0.65	31.79 <sup>a</sup>	0.63
DL 60	20.01 <sup>c</sup>	0.26	4.90 <sup>c</sup>	0.07	24.78 <sup>a</sup>	0.19	91.80 <sup>a</sup>	0.58	27.58 <sup>b</sup>	0.65
Región corporal	n.s.		n.s		*		n.s.		n.s.	
CM 80	21.99 <sup>a</sup>	0.28	5.39 <sup>a</sup>	0.09	24.58 <sup>a</sup>	0.14	92.27 <sup>a</sup>	0.33	28.05 <sup>ab</sup>	0.74
GP 80	22.19 <sup>a</sup>	0.28	5.30 <sup>a</sup>	0.08	24.01 <sup>b</sup>	0.18	91.87 <sup>a</sup>	0.42	28.67 <sup>a</sup>	0.73
PA 80	22.31 <sup>a</sup>	0.30	5.39 <sup>a</sup>	0.09	24.62 <sup>a</sup>	0.16	91.92 <sup>a</sup>	0.47	28.43 <sup>b</sup>	0.72
<b>Descerदार</b>	<b>20.85<sup>b</sup></b>	<b>0.16</b>	<b>4.49<sup>b</sup></b>	<b>0.05</b>	<b>21.48<sup>b</sup></b>	<b>0.13</b>	<b>95.20<sup>a</sup></b>	<b>0.30</b>	<b>30.02<sup>a</sup></b>	<b>0.44</b>
Grupo etario	***		***		n.s		**		***	
2D 60	20.44 <sup>b</sup>	0.20	4.46 <sup>b</sup>	0.07	21.70 <sup>a</sup>	0.21	96.17 <sup>a</sup>	0.30	26.50 <sup>c</sup>	0.62
4D 60	20.87 <sup>b</sup>	0.17	4.43 <sup>bc</sup>	0.09	21.26 <sup>a</sup>	0.29	95.53 <sup>ab</sup>	0.35	30.90 <sup>b</sup>	1.29
BLL 60	23.68 <sup>a</sup>	0.43	4.99 <sup>a</sup>	0.15	20.98 <sup>a</sup>	0.26	92.68 <sup>b</sup>	1.05	34.26 <sup>a</sup>	0.56
DL 60	18.67 <sup>c</sup>	0.24	4.10 <sup>c</sup>	0.07	21.93 <sup>a</sup>	0.28	95.89 <sup>a</sup>	0.57	30.44 <sup>b</sup>	0.65
Región corporal	n.s.		n.s		*		n.s.		n.s.	
CM 80	20.83 <sup>a</sup>	0.27	4.47 <sup>a</sup>	0.09	21.30 <sup>ab</sup>	0.21	95.09 <sup>a</sup>	0.56	29.87 <sup>a</sup>	0.75
GP 80	20.80 <sup>a</sup>	0.27	4.41 <sup>a</sup>	0.09	21.14 <sup>b</sup>	0.26	94.80 <sup>a</sup>	0.58	29.91 <sup>a</sup>	0.85
PA 80	20.94 <sup>a</sup>	0.29	4.60 <sup>a</sup>	0.10	22.01 <sup>a</sup>	0.21	95.75 <sup>a</sup>	0.39	30.29 <sup>a</sup>	0.71

VARIABLES: diámetro medio de fibra (MDF), desviación estándar (DSMDF), coeficiente de variación de MDF (CVMDF), factor de confort (FC) e índice de curvatura (CRV). GE grupo etario; DL dientes de leche; 2D dos dientes; 4D cuatro dientes y BLL boca llena; RC región corporal; GP Grupa; CM Costillar medio; PA Paleta; ab Letras distintas indican diferencia significativa; \*  $p < 0.05$ , ns: No significativo; desviación estándar <sup>ab</sup> Letras distintas indican diferencia significativa  $p < 0.05$ ; \*  $p < 0.01$ ; \*\*  $p < 0.001$ ; \*\*\*, ns: no significativo

#### a. Diámetro medio de la fibra en llamas Ch'aku

El descerदार de la fibra en llamas disminuye el diámetro medio de la fibra sin-descerदार ( $p \leq 0.001$ ), donde el DMF disminuyó de  $22.01 \pm 0.17$  a  $20.85 \pm 0.16$   $\mu\text{m}$ , respectivamente, (Tabla 4). La posibilidad de mejorar las características textiles al descerदार manual más la clasificación, categorización, permiten obtener precios

mejores de la fibra. Respecto a la finura de la fibra de la llama por zonas geográficas, no muestra mayores diferencias, probablemente debido al manejo durante la clasificación del vellón, como ocurre entre la frontera de Perú y Bolivia. La fibra es apta para la industria textil, por lo tanto se considera al diámetro de fibra una de las características de importancia económica en el vellón del animal, esto determina no solo el precio de la misma sino que inciden en el rendimiento económico del proceso de la fibra como señala Villarroel (1963). Asimismo, Los resultados encontrados son similares a Laime et al. (2016) donde encontró 22.49 y 21.79  $\mu\text{m}$  en la fibra sin descordar y descordada. Por otro lado, inferiores a Sumari (1986) donde encontró una media de 23.06  $\mu\text{m}$ , superiores a Siguyro (2009) y Maquera (1991) donde encontró 18.32 y 20.17  $\mu\text{m}$  respectivamente. Por otro lado, investigaciones recientes en la fibra de alpaca Huacaya en Polonia, mostró el carácter de fibra uniforme con un diámetro promedio de 24.13  $\mu\text{m}$ , una proporción relativamente alta de fibras con diámetros  $\geq 30 \mu$  (Radzik-Rant, 2021). Esto demuestra que influye la alimentación en el diámetro de la fibra en camélidos sudamericanos.

*Según grupo etario.* Dentro del grupo etario, se encontró diferencias significativas ( $p \leq 0.001$ ) en llamas Ch'aku tanto en la fibra sin-descordar y descordada. Resultados encontrados fueron 20.01 $\pm$ 0.26, 21.48 $\pm$ 0.21, 22.29 $\pm$ 0.16 y 24.28 $\pm$ 0.41  $\mu\text{m}$  en DL, 2D, 4D y BLL, y 18.67 $\pm$ 0.24, 20.44 $\pm$ 0.20, 20.87 $\pm$ 0.17 y 23.68 $\pm$ 0.43  $\mu\text{m}$  en llamas DL, 2D, 4D y BLL, respectivamente (Tabla 4). De esta información se puede deducir que el menor diámetro de fibra está en los animales más tiernos (DL), pero a partir de los 2D y 4D son similares, a diferencia de BLL que mantiene un grosor diferente al resto de las edades, en la fibra sin-descordar y descordada, existiendo una diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ). Los resultados encontrados, son similares al reporte de Maquera (1991), quien encuentra valores de 18.28 y 22.07  $\mu\text{m}$  en uno y dos años de edad respectivamente en llamas lanudas en la fibra descordada. Asimismo, Arcoccaulla (2017) encontró valores de 20.66 y 23.72  $\mu\text{m}$  en jóvenes y adultos en llamas de la raza Ch'aku en la región Ayacucho. La finura tiende a engrosar paulatinamente a medida que avanza la edad de la llama, debido probablemente a factores anatómo fisiológicos, al desarrollo corporal del animal (Mansilla, 1988) y la esquila que son sometidos algunos de estos animales.

***Respecto a la región corporal.*** Como se conoce, la zona de muestreo para la toma de muestras incluye la paleta, flanco y grupa en el caso de llamas (Frank, 2007). De acuerdo a la zona de muestreo, no se ha encontrado una diferencia significativa ( $p \geq$

0.05), entre las regiones corporales dentro la fibra sin-descerदार y descerदार. Los valores encontrados en el MDF en el costillar medio en la fibra sin-descerदार en la llama Ch'aku fue  $21.99 \pm 0.28 \mu\text{m}$ , mientras en la fibra descerदार fue  $20.83 \pm 0.27 \mu\text{m}$  ( $p \geq 0.05$ ), donde no se encontró diferencias entre las otras regiones corporales en llamas Ch'aku. Los resultados encontrados son similares a Laime et al. (2016), quienes encontraron  $22.5 \mu\text{m}$  en la zona del costillar medio en la fibra sin-descerदार. Pero inferiores a Laime et al. (2016) en la fibra descerदार que encontraron  $21.8 \mu\text{m}$  en la zona del costillar medio. Asimismo, Sumari (1986), encontró a nivel del costillar medio  $23.12 \mu\text{m}$  en la fibra sin-descerदार. Por otro lado, Córdova (2015) reportó  $27.23$ ,  $28.22$  y  $28.16 \mu\text{m}$  en las regiones corporales de la paleta, lomo y grupa en llamas de fibra sin-descerदार, aunque no mencionan la raza de llama (Riobamba Ecuador). Son superiores a Siguayro (2009) quien reportó para la región del costillar medio  $18.32 \mu\text{m}$ . Asimismo, menores a Quispe-Ccasa et al. (2020) quienes encontraron para paleta  $23.84 \mu\text{m}$ , costillar  $24.53 \mu\text{m}$  y anca  $24.42 \mu\text{m}$ , en la fibra sin-descerदार; estas diferencias se deberían a diversos factores como alimentación, medioambiente, genética y fibra descerदार.

Según, Arizaca (2018) reporta valores inferiores en la alpaca (CIP La Raya, Puno), así en miembro anterior  $23.95 \pm 0.61 \mu\text{m}$ , costillar  $18.95 \pm 0.35 \mu\text{m}$  y miembro posterior  $23.46 \pm 0.46 \mu\text{m}$ . Asimismo, Pavez et al. (2012) encontró  $21.21 \pm 3.39 \mu\text{m}$ ,  $22.15 \pm 3.54 \mu\text{m}$  y  $21.61 \pm 3.40 \mu\text{m}$  en la grupa, paleta y costillar respectivamente.

#### **b. Desviación estándar del diámetro medio de la fibra**

En la DEMF se ha encontrado diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre la fibra sin-descerदार y descerदार con valores de  $5.38 \pm 0.05$  y  $4.49 \pm 0.05 \mu\text{m}$  respectivamente. El resultado indica que existe poca dispersión en la fibra descerदार con respecto a la fibra sin descerदार. Los resultados encontrados son superiores a López (2022) quien obtiene  $5.045 \pm 0.58 \mu\text{m}$  en alpacas en el distrito de Cojata (Puno, Perú). No se ha encontrado información disponible en llamas.

*Según el factor grupo etario.* La desviación estándar del diámetro de fibra (DEMF) con respecto al grupo etario se ha encontrado una diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ), en la fibra sin-descerदार y descerदार. Las llamas DL presentaron menos dispersión con respecto a 2D, 4D y BLL en la fibra sin-descerदार y descerदार.

*Según región corporal.* En la región corporal no se ha encontrado diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ) entre la fibra sin-descerदार y descerदार. Aunque, numéricamente la región del costillar medio presentó menos dispersión en la fibra sin-descerदार que en descerदार de  $5.39 \pm 0.09$  y  $4.47 \pm 0.09$   $\mu\text{m}$  respectivamente, lo cual demuestra que la zona representativa es el costillar medio.

### **c. Coeficiente de variación del diámetro medio de la fibra**

La llama se cría tanto para carne como para fibra, y la fibra tiene un valor más bajo que la fibra de alpaca debido a su naturaleza heterogénea más tosca (Coates & Ayerza, 2004).

El coeficiente de variación en la fibra sin-descerदार fue  $24.40 \pm 0.10$  % mayor que  $21.39 \pm 0.13$  % en la fibra descerदार ( $p \leq 0.05$ ). Al respecto, la industria textil requiere hasta el 24 % de CVDMF (Quispe et al., 2009). Claramente, se aprecia que el descerदार manual conlleva a una fibra con menos CVDMF.

*Según el factor grupo etario.* A medida que las llamas envejecen los efectos del CVDMF no varían (Lupton et al., 2006). Un vellón con bajo coeficiente de variabilidad muestra alta uniformidad en el diámetro. Como se observa (Tabla 4), el CVDMF de la fibra descerदार en llamas fue similar entre DL, 4D y BLL, pero diferentes en 2D. Estos valores fueron inferiores a Quispe-Ccasa et al. (2020) que obtuvo 23.23, 24.01 y 23.55 % de CVDMF en las edades de 2 a 3 años, 3 a 5 años y mayores a cinco años. Por otro lado, similares a Coates & Ayerza (2004) quien encontró para CVDMF de 23.8 %, en la fibra sin-descerदार, probablemente debido al manejo, alimentación y mejoramiento genético que no aplican en las comunidades campesinas. Además, las diferencias se deberían a la aplicación de planes de mejora genética en los centros experimentales y a la menor disponibilidad de alimentos (pastos naturales y bofedales) en la Puna seca.

*Según región corporal.* A nivel del costillar medio de las llamas, el CVDMF en la fibra descerदार fue menor que en la fibra sin-descerदार ( $p \leq 0.05$ ). Al respecto, ha recomendado que el costillar medio es la mejor zona de muestreo de fibra en camélidos (Wuliji et al., 2000), con fines de mejoramiento genético (Aylan-Parker & McGregor, 2002). Bajo este criterio, los resultados encontrados en esta investigación fueron similares a Laime et al. (2016) en llamas, y Machaca et al. (2017) en alpacas, ambos en la región de Apurímac.

#### **d. Factor de confort**

El valor de la fibra textil, en su mayoría, está determinado por su finura y el índice de confort (Naylor & Phillips, 1995). Esta característica textil de la fibra de llama, en la fibra sin-descerदार y descerदार fue  $89.38 \pm 0.24$  y  $93.27 \pm 0.30\%$  (Tabla 4), siendo diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

*Según factor grupo etario.* El factor de confort respecto a la edad disminuye de acuerdo al avance de la edad. Los resultados de esta investigación fueron inferiores a Laime et al. (2016) que obtuvo en la fibra sin-descerदार y descerदार valores de  $93.3 \pm 2.1$ ,  $90.5 \pm 2.4$  y  $95.6 \pm 2.1$ ,  $93.5 \pm 2.3\%$  respectivamente en llamas juveniles y adultos en llamas Ch'aku en Apurímac. Asimismo, fue menor al encontrado por Mancilla (2017) quien obtiene un promedio de 90.27%. Por otro lado, fueron superiores a Sacchero & Sáenz (2017) que obtuvo valores de 87.7 % en la primera esquila, y 69.3 % en llamas adultas de la Patagonia (Argentina).

En caso de alpacas, fueron inferiores a Roque & Ormachea, (2018) quien reporta  $95.34 \pm 2.84$ ,  $92.99 \pm 4.21$  y  $90.22 \pm 3.98$  % en las edades de 2, 4 y 6 años de edad. Por otro lado, a Velarde (2021) quien reportó 94.08, 92.72, 90.39, 85.69 y 85.95 % en 1, 2, 3, 4 y 5 años de edad. Asimismo, a Arango (2016) quien reporta  $96.99 \pm 3.99$ ,  $93.92 \pm 4.66$ ,  $92.94 \pm 5.31$  y  $82.51 \pm 12.58\%$  en las edades de DL, 2D, 4D y BLL. Por otra parte, fueron menores a Vilca (2022) donde encontró medias de 96.00 y 93.00 % en alpacas Suri, a la primera y segunda esquila, quien indica que el factor de confort obedece a la relación que existe con el diámetro de fibra, y que a menor diámetro de fibra, el valor del factor de confort será mayor, y viceversa.

Por otra parte, Sacchero et al. (2017) indican que las prendas confeccionadas con fibras finas son altamente confortables, mientras que las fibras mayores a 30 micras representarían el factor asociado a la sensación de picazón (prickle factor) del cuerpo humano frente a las prendas confeccionadas; esta sensación se debe a que los extremos de la fibra que sobresalen desde la superficie de los hilos son relativamente gruesos, sin embargo, si estos hilos fueran más delgados serían más flexibles y existiría menor probabilidad de que provoquen picazón en la piel.

*Según el factor región corporal.* En las regiones corporales de muestreo, no se ha encontrado diferencias significativas ( $p \geq 0.05$ ) en la fibra sin-descerदार y descerदार.

La ausencia de diferencias en el factor de confort de las diferentes zonas de muestreos en la fibra sin-descerदार se debería a la falta de mejora genética en estos animales.

#### e. Índice de curvatura

Los resultados encontrados para el índice de curvatura de la fibra sin-descerदार y descerदार, fueron valores de  $30.08 \pm 0.51$  y  $32.86 \pm 0.47$  °/mm, donde existe una diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ). Sin embargo, en ovinos, el rizo también es utilizado como un marcador indirecto del diámetro de la fibra durante la venta de ovinos (Cottle, 1991).

*Según grupo etario.* El CRV por grupo etario en llamas del distrito de Cotaruse (Apurímac), no se encontró una diferencia significativa en la fibra sin-descerदार ( $p \geq 0.05$ ), pero si presenta diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en la fibra descerदार. En llamas, este parámetro ha sido más estudiado en Australia y EEUU (Lupton et al., 2006). Respecto al grupo etario, se han realizado estudios por regiones corporales encontrando resultados diferentes. Los resultados encontrados son, inferiores a Paucar (2020) quien encontró  $42.06$  °/mm en la fibra descerदार de llamas en Huancavelica. Por otro lado, a Quispe-Ccasa et al. (2020) encontró  $38.58$ ,  $36.70$  y  $37.97$  °/mm en 2 a 3, 3 a 5 años y mayores de 5 años respectivamente, en llamas de La Raya (UNSAAC, Cusco). Asimismo, similares a Arcoccaulla (2017) reportó valores de  $28.08 \pm 3.4$  y  $27.66 \pm 3.3$  °/mm en jóvenes y adultos respectivamente en llamas Ch'aku. Los resultados encontrados fueron superiores a  $34.0$ ,  $32.6$  y  $29.4$  °/mm en 1, 2 y mayores a 2 años respectivamente, reportado en la alpaca por McGregor (2006).

Las diferencias encontradas en esta investigación son probablemente, a factores genéticos, alimenticios y medioambientales. Este factor ha sido estudiado por Siguayro & Aliaga (2010) quien manifiesta que los valores de CRV disminuye conforme se incrementa la edad del animal, pero McGregor (2006) indica que este parámetro no varía con la edad. Este parámetro ha sido poco estudiado en esta especie, y las diferencias en valores, puede ser debido a que los parámetros de diámetro de fibra e índice de curvatura parecen tener una relación inversamente proporcional.

*Según la región corporal.* En las regiones corporales estudiadas, no se ha encontrado diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ) respecto a CRV en la fibra descerदार. Sin embargo, para la fibra sin-descerदार, se encontró mayor índice de curvatura en la GP. Los resultados encontrados en esta investigación (Tabla 4) fueron inferiores a Machaca et

al. (2017) quien reportó  $36.37 \pm 0.79$ ,  $37.49 \pm 0.78$  y  $35.70 \pm 0.83$  %/mm a nivel del costillar medio, grupa y paleta respectivamente en alpacas, las diferencias se deberían a factores genéticos propios de cada raza.

#### **4.2.2. Características tecnológicas de la fibra sin-descerदार y descerदार en llamas Q'ara.**

Las investigaciones arqueológicas recientes han demostrado que las llamas se criaban no solo para el transporte, sino también para producir fibra fina en la industria textil precolombina. Estos estudios han demostrado la existencia de animales con colores uniformes y diámetro de  $22.2 \mu\text{m}$ , con doble capacidad que los animales actuales para producir fibra (Wheeler et al., 1995). Para realizar trabajos de investigación respecto al mejoramiento genético de las llamas, hoy en día solo se encuentra alrededor del 50% de las llamas en Argentina y el 40% en Perú estos pueden considerarse genéticamente puras, y por lo tanto, son capaces de transmitir a su descendencia características seleccionadas (Wheeler et al., 1995). En este contexto, el proceso de descerदार manual es muy necesario para reducir el diámetro medio de la fibra de llamas de la región de Apurímac.

##### **a. Diámetro medio de la fibra en llamas Q'ara**

En la Tabla 5, se muestra que existe una diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) en el diámetro medio de la fibra sin descerदार y descerदार, donde se encontró  $25.90 \pm 0.19$  y  $24.40 \pm 0.20 \mu\text{m}$  respectivamente. Los resultados encontrados son inferiores a Paucar (2021) donde obtiene  $27.94 \pm 0.51$  y  $25.42 \pm 0.54$  antes y después del descerदार (Puno). Asimismo, a Vidal (1967) reportó  $33.8 \mu\text{m}$  en la fibras sin-descerदार. Por otro lado Ayala (2001) reportó en la fibra descerदारada un diámetro promedio de  $22.66 \mu\text{m}$ , siendo similares a Brodtmann (2020) quien encontró  $25.0 \mu\text{m}$  al descerदारado. Asimismo, Stemmer et al. (2005) obtuvo  $22.16 \mu\text{m}$  en llamas Tampullis, Q'aras e Intermedias, en animales de pastoreo extensivo (Bolivia). Las diferencias encontrados se deberían al efecto medio ambiental y la alimentación, ya que juegan un rol importante en la determinación del diámetro de fibra. En esta investigación, el DMF de la fibra descerदारada ha reducido con respecto al diámetro de la fibra sin-descerदार ( $p \leq 0.05$ ).

**Según grupo etario.** Esta variable se encontró diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre el DMF sin-descerदार y descerदार. Debido al crecimiento individual, el diámetro

medio de la fibra tiende a aumentar, generalmente esto ocurre en los ovinos pero no es muy marcados en los ovinos merinos (Córdova & León, 2019).

Tabla 5.

**Media de las características tecnológicas de la fibra de llamas Q'ara, sin descerदार y descerदार por grupo etario y región corporal.**

Q'ara	MDF( $\mu\text{m}$ )		DEMF( $\mu\text{m}$ )		CVDMF(%)		FC(%)		CRV( $^{\circ}/\text{mm}$ )		
	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE	
<b>Sin descerदार</b>	<b>240</b>	<b>25.90<sup>a</sup></b>	<b>0.19</b>	<b>6.28<sup>a</sup></b>	<b>0.06</b>	<b>24.29<sup>a</sup></b>	<b>0.10</b>	<b>81.51<sup>b</sup></b>	<b>0.75</b>	<b>36.88<sup>b</sup></b>	<b>0.35</b>
Grupo etario		***		***		***		***		n.s.	
2D	60	25.01 <sup>b</sup>	0.41	6.28 <sup>b</sup>	0.14	25.25 <sup>a</sup>	0.25	84.67 <sup>b</sup>	1.38	37.52 <sup>a</sup>	0.95
4D	60	26.93 <sup>a</sup>	0.33	6.59 <sup>ab</sup>	0.12	24.38 <sup>b</sup>	0.18	77.28 <sup>c</sup>	1.62	37.09 <sup>a</sup>	0.68
BLL	60	27.81 <sup>a</sup>	0.29	6.74 <sup>a</sup>	0.10	24.19 <sup>b</sup>	0.17	74.66 <sup>c</sup>	1.34	36.71 <sup>a</sup>	0.55
DL	60	23.75 <sup>c</sup>	0.18	5.51 <sup>c</sup>	0.05	23.33 <sup>c</sup>	0.15	89.68 <sup>a</sup>	0.53	36.21 <sup>a</sup>	0.59
Región corporal		n.s.		n.s.		*		n.s.		n.s.	
CM	80	25.75 <sup>a</sup>	0.29	6.25 <sup>a</sup>	0.10	24.34 <sup>ab</sup>	0.17	82.94 <sup>a</sup>	0.99	37.26 <sup>a</sup>	0.59
GP	80	25.65 <sup>a</sup>	0.23	6.15 <sup>a</sup>	0.10	23.96 <sup>b</sup>	0.19	82.18 <sup>a</sup>	1.22	37.64 <sup>a</sup>	0.60
PA	80	26.23 <sup>a</sup>	0.37	6.45 <sup>a</sup>	0.12	24.57 <sup>a</sup>	0.19	79.35 <sup>a</sup>	1.60	37.74 <sup>a</sup>	0.64
<b>Descerदार</b>	<b>240</b>	<b>24.47<sup>b</sup></b>	<b>0.18</b>	<b>5.24<sup>b</sup></b>	<b>0.06</b>	<b>21.24<sup>b</sup></b>	<b>0.13</b>	<b>86.30<sup>a</sup></b>	<b>0.67</b>	<b>40.37<sup>a</sup></b>	<b>0.38</b>
Grupo etario		***		***		*		***		*	
2D	60	23.76 <sup>b</sup>	0.41	5.21 <sup>b</sup>	0.13	21.97 <sup>a</sup>	0.31	87.38 <sup>b</sup>	1.37	40.04 <sup>ab</sup>	1.06
4D	60	25.50 <sup>a</sup>	0.34	5.49 <sup>ab</sup>	0.12	21.34 <sup>a</sup>	0.22	82.97 <sup>c</sup>	1.53	42.41 <sup>a</sup>	0.68
BLL	60	26.02 <sup>a</sup>	0.30	5.76 <sup>a</sup>	0.11	21.84 <sup>a</sup>	0.23	81.20 <sup>c</sup>	1.13	39.25 <sup>b</sup>	0.55
DL	60	22.61 <sup>b</sup>	0.16	4.49 <sup>c</sup>	0.05	19.84 <sup>b</sup>	0.20	93.67 <sup>a</sup>	0.37	39.80 <sup>ab</sup>	0.56
Región corporal		n.s.		**		***		*		n.s.	
CM	80	24.51 <sup>a</sup>	0.28	5.24 <sup>ab</sup>	0.10	21.13 <sup>b</sup>	0.22	86.88 <sup>ab</sup>	0.94	40.27 <sup>a</sup>	0.61
GP	80	24.06 <sup>a</sup>	0.28	5.01 <sup>b</sup>	0.10	20.69 <sup>b</sup>	0.25	88.03 <sup>a</sup>	1.01	41.16 <sup>a</sup>	0.65
PA	80	24.85 <sup>a</sup>	0.37	5.46 <sup>a</sup>	0.12	21.92 <sup>a</sup>	0.20	83.91 <sup>b</sup>	1.44	39.68 <sup>a</sup>	0.69

Variables: diámetro medio de fibra (MDF), desviación estándar (DSMDF), coeficiente de variación de MDF (CVDMDF), factor de confort (FC) e índice de curvatura (CRV). GE grupo etario; DL dientes de leche; 2D dos dientes; 4D cuatro dientes y BLL boca llena; RC región corporal; GP Grupa; CM Costillar medio; PA Paleta; ab Letras distintas indican diferencia significativa; \*  $p \leq 0.05$ , ns: No significativo; desviación estándar <sup>ab</sup> Letras distintas indican diferencia significativa  $p \leq 0.05$ ; \*  $p \leq 0.01$ ; \*\*  $p \leq 0.001$ ; \*\*\*, ns: no significativo

Los resultados encontrados, son superiores al reporte de Poma (2018), en fibras sin descerदार encontró valores de  $22.68 \pm 1.92 \mu\text{m}$  y  $24.17 \pm 2.22 \mu\text{m}$  en 1 y 2 años de edad respectivamente, pero en las fibras descerदारas encontró valores de  $20.16 \pm 1.38 \mu\text{m}$  y  $21.82 \pm 1.57 \mu\text{m}$  en 1 y 2 años de edad respectivamente. Asimismo, son superiores a Chura (2003) obtuvo  $21.50 \pm 1.82$ ,  $21.35 \pm 1.54$ ,  $22.83 \pm 1.29$ ,  $23.57 \pm 1.98$  y  $23.89 \pm 2.55 \mu\text{m}$  en crías, DL, 2D, 4D y BLL respectivamente en tipo de fibra sin descerदार.

Por otro lado, son inferiores a Condor, (2019) quien reportó valores en fibra sin descerदार de  $45.71 \mu\text{m}$ ,  $35.24 \mu\text{m}$ ,  $37.67 \mu\text{m}$ , y  $36.54 \mu\text{m}$  en DL, 2D, 4D y BLL respectivamente.

Es decir, al igual que en las demás especies animales productoras de fibra, la finura tiende a engrosar paulatinamente a medida que avanza la edad de la llama, debido

probablemente a factores como el desarrollo corporal del animal (Mansilla, 1988) que pueden afectar al diámetro de la lana, siendo dependiente de factores genéticos (raza), así como de factores ambientales (crecimiento), como nutrición, clima, enfermedades, insectos, parición, etc. Por otro lado, el estrés causado por las condiciones climáticas (frío extremo), enfermedades, hambre, insectos, parición, etc., reducen el diámetro, lo que a menudo provoca una disminución repentina y localizada (rotura o sensibilidad) en el diámetro de la fibra (Botha & Hunter, 2010).

**Según la región corporal.** Respecto a la región corporal no se encontró diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre el diámetro medio de la fibra en las diferentes regiones corporales en llamas Q'ara. Los valores encontrados (Tabla 5) fueron inferiores a Paucar (2021) y Condor (2019), donde los autores trabajan exclusivamente con la zona del costillar medio en el muestreo de fibras. Asimismo, los resultados del trabajo de investigación resultaron ser superiores a Poma (2018) quienes también utilizan como zona de muestreo el costillar medio.

#### **b. Desviación estándar del diámetro de fibra**

En general, la desviación estándar disminuyó ( $p \leq 0.05$ ) en la fibra sin-descerदार al descerदार (Tabla 5), de  $6.28 \pm 0.06$  a  $5.24 \pm 0.06$   $\mu\text{m}$  respectivamente. Como se aprecia, el descerदार disminuye la desviación estándar y conlleva a disminuir la variabilidad.

**Según grupo etario.** Con respecto a la desviación estándar como se puede apreciar que existe una diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ), en el tipo de fibra sin-descerदार y el descerदार, como se muestra en la Tabla 5, a medida que crece al animal aumenta la desviación típica, los resultados encontrados son similares a Bernabe (2015) quien encontró  $5.34 \pm 0.93$   $\mu\text{m}$  en dos años de edad, en la fibra descerदार. Pero inferiores en la fibra sin-descerदार

**Según región corporal.** Los resultados en esta investigación, no se encontró diferencia significativa en la fibra sin-descerदार, pero en la fibra descerदार presentó una diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ), siendo más homogéneo a nivel grupa con DEMF de  $5.01 \pm 0.10$   $\mu\text{m}$ . Estos resultados fueron similares a Bernabe (2015) quien obtuvo una DEMF de  $5.34 \pm 0.93$   $\mu\text{m}$ . a nivel del costillar medio en llamas Ch'aku.

### c. Coeficiente de variación del diámetro de fibra

Los resultados (Tabla 5) se encontró diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre la fibra sin-descerदार y descerदार de  $24.29 \pm 0.10$  y  $21.24 \pm 0.10$  % respectivamente, los resultados encontrados son inferiores a Paucar (2021) donde encontró  $33.83 \pm 0.94$  y  $23.86 \pm 0.48$  % antes y después del descerदार (Puno). Respecto al CVDMF, siendo la variación relativa del diámetro de fibra dentro del vellón (Manso 2011). Cuando un vellón tiene un coeficiente de variación más bajo tiene más uniformidad con respecto al diámetro de fibra, y la industria producirá hilos más resistentes. La CVDMF, dentro de un vellón es de alrededor del 20 %, incluso en condiciones adecuadas de nutrición (Botha & Hunter, 2010).

**Según grupo etario.** Para esta variable, se encontró diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre la fibra sin-descerदार, siendo en DL donde presenta menor coeficiente de variabilidad frente a 2D, 4D y BLL que tienen más altos. Los resultados encontrados fueron superiores a Bernabé (2015) quien encontró en DL una media de 20.52 y 21.88% en llamas Ch'aku en 1 y 2 años, respectivamente. Asimismo, fueron similares a Lupton et al. (2006), quien encontró en alpacas valores de 25.0, 24.4 y 23.6% en 1, 2 y menores de 2 años.

**Según región corporal.** Los valores encontrados en esta investigación fueron diferentes en las diferentes regiones corporales tanto en la fibra sin-descerदार como en la fibra descerदार ( $p \geq 0.05$ ) en llamas Q'ara, siendo representativos en ambos casos el costillar medio, los cuales podrían ser explicados por el mayor tamaño de muestra utilizada.

### d. Factor de confort

Esta variable se encontró diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) en la fibra sin-descerदार y descerदार con valores de  $81.51 \pm 0.75$  y  $86.30 \pm 0.67$  %, respectivamente (Tabla 5).

**Según grupo etario.** Dentro de la fibra sin-descerदार se ha encontrado diferencias ( $p \leq 0.05$ ) entre los grupos etarios. Asimismo en la fibra descerदार, existió variabilidad homogénea, para las llamas DL (93.67%) donde se encontró los más altos valores. Los resultados encontrados son superiores al reporte a Mancilla (2017) que obtiene 88.15 % en llamas de un año de edad en La Raya (Puno). Asimismo, superiores a Paucar (2021) 70.62 y 79.62 % antes y después del descerदार (Puno). Asimismo, a Sacchero

et al., (2017) quien obtuvo 69.3 y 87.7% en llamas adultas y juveniles respectivamente (Argentina). Estas diferencias podrían ser debidas al desarrollo fisiológico del animal, manejo, alimentación y la metodología de trabajo.

**Según región corporal.** En las diferentes regiones corporales dentro de la fibra sin-descerदार no se encontró diferencias significativas ( $p \geq 0.05$ ). Sin embargo el comportamiento fue similar en la fibra descerदार, (Tabla 5). Estos resultados fueron superiores a Sacchero et al., (2017) quien consideró el costillar medio encontrando 69.3% de FC para la categoría adultos. Asimismo, fue mayor al reporte de Condor (2019), quien encontró un promedio de 50.09% en las fibras sin descerदार.

#### e. Índice de curvatura

Respecto esta variable se encontró diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) para la fibra sin-descerदार (36.88°/mm) y la descerदार (40.37°/mm), siendo mayor en la fibra descerदार (Tabla 5). El CRV es una característica deseable para la industria textil, que no guarda correspondencia al relacionar la curvatura con el diámetro de la fibra (Holt, 2006).

**Según grupo etario.** El CRV entre los grupos etarios en la fibra sin-descerदार en llamas Q'ara, no fueron significativos ( $p \geq 0.05$ ). En cambio, si hubo diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) dentro de la fibra descerदार, siendo mayor en llamas 4D (42.41 °/mm). Los resultados encontrados, (Tabla 5) fueron superiores a Mancilla (2017) que reportó 35.08 °/mm en llamas Q'ara de un año de edad en el CIP La Raya (Puno). Asimismo, fueron superiores a Condor (2019) quien trabajó con animales de dientes de leche, dos dientes, cuatro dientes y boca llena donde encontró valores de 18.48, 27.95, 25.34 y 26.71 °/mm respectivamente, siendo inferiores a los resultados de nuestra investigación. En cambio, Sacchero & Sáenz (2017) reportaron al descerदार 69.6 y 72.3 °/mm en adultos y crías respectivamente (Argentina).

**Según región corporal.** La CRV no fue significativo ( $p \geq 0.05$ ) entre las regiones corporales dentro de la fibra sin descerदार como en la fibra descerदार en llamas Q'ara (Tabla 5), lo que quiere decir que la CRV no es afectado por la zonas de muestreo en ambos tipos de fibra. Sin embargo, los resultados son superiores a Paucar (2020) quien reportó antes del descerदार valores de  $26.33 \pm 0.85$ °/mm y después del descerदार de  $30.90 \pm 1.01$ °/mm. En cambio, los resultados son menores a Siguayro & Aliaga (2010) quien encontró  $48.8 \pm 6.75$ °/mm, en llamas Ch'aku ambos autores ha considerado la

región del costillar medio, las diferencias se deberían al sistema mixto de crianza y la alimentación, así como al equipo utilizado en las altitudes.

#### 4.3. Densidades foliculares de la fibra de llamas Ch'aku y Q'ara

En esta investigación, no se encontró (Tabla 6) diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ) entre razas para la media de la densidad de folículos primarios (MDFP), media de la densidad de folículos secundarios (MDFS), media de la densidad folicular (MDFo) y media del índice folicular (MIFo) en la piel de las llamas Ch'aku y Q'ara ( $p \geq 0.05$ ).

Tabla 6.

#### Media de la densidad de folículos primarios, media de la densidad de folículos secundarios, media de la densidad folicular y media del índice folicular en la piel de llamas Ch'aku y Q'ara

Razas	n	MDFP/mm <sup>2</sup>	n	MDFS/mm <sup>2</sup>	n	MDFo/mm <sup>2</sup>	n	MIFo S/P
		Media±EE		Media±EE		Media±EE		Media±EE
		ns		ns		ns		ns
Ch'aku	198	2.27±0.04 <sup>a</sup>	198	14.85±0.34 <sup>a</sup>	198	17.13±0.38 <sup>a</sup>	197	6.47±0.08 <sup>a</sup>
Q'ara	195	2.33±0.04 <sup>a</sup>	192	14.49±0.32 <sup>a</sup>	192	16.80±0.36 <sup>a</sup>	192	6.28±0.08 <sup>a</sup>

EE= error estándar, MDFP=media de la densidad de folículos primarios, MDFS=media de la densidad de folículos secundarios, MDFo=media de la densidad folicular y MIFo=media del índice folicular (relación de folículos secundarios sobre primarios)

Los resultados encontrados para MDFo, MDFP y MDFS son similares a Curasma & Rodriguez (2016) quien encontró en densidad folicular, folículos primarios y folículos secundarios valores de  $16.35 \pm 3.319$ ,  $2.11 \pm 0.56$  y  $14.24 \pm 3.15$  f/mm<sup>2</sup> respectivamente en llamas Q'ara. En cambio, Antonini et al. (2004) reportó una densidad folicular de  $17.98$  f/mm<sup>2</sup> en llamas Ch'aku a los 10 meses de edad.

Los resultados de la investigación fueron inferiores al índice folicular informado por Curasma & Rodriguez (2016) quien encontró una media de  $7.22 \pm 2.54$  S/P. Por otro lado, fueron superiores al encontrado por Antonini et al. (2004) en el índice folicular ( $4.49$  f/mm<sup>2</sup>). Asimismo, superior a Copana et al. (2000) que encontraron valores en folículos totales, folículos primarios, folículos secundarios y la relación folicular (FS/FP) fue:  $20.8 \pm 4.4$  f/mm<sup>2</sup>,  $4.8$  f/mm<sup>2</sup>,  $16.1 \pm 3.8$  f/mm<sup>2</sup> y  $3.45 \pm 0.6$  S/P respectivamente, en llamas bolivianas. Así como a Lusky et al. (2006) quien reportó la relación entre folículos primarios y secundarios en llamas T'ampullis y Q'aras valores de  $5.45 \pm 1.53$  S/P y  $5.35 \pm 1.44$  S/P respectivamente, en llamas bolivianas. Sin

embargo, los resultados encontrados son inferiores a Oruna (2016) quien encontró en índice folicular  $9.5 \pm 4.9$  IF, en alpacas crías, del centro Lachocc (Huancavelica, Perú).

#### 4.3.1. Densidades foliculares de la fibra de llamas Ch'aku

**La media de la densidad de los folículos primarios**, en las llamas Ch'aku (Tabla 7), fue afectado por el grupo etario ( $p \leq 0.001$ ), donde encontraron diferencias entre diente de leche y dos dientes con cuatro dientes y boca llena, siendo mayor los animales de DL y 2D. En cambio, factores como el sexo y la región corporal no tuvieron efectos significativos sobre la MDFP.

Tabla 7.

**Media de la densidad de folículos primarios, media de la densidad de folículos secundarios, media de la densidad folicular y media del índice folicular por sexo, grupo etario y región corporal en la piel de llamas Ch'aku.**

	n	MDFP/mm <sup>2</sup>	n	MDFS/mm <sup>2</sup>	n	MDFo/mm <sup>2</sup>	n	MIFo S/P
		Media±EE		Media±EE		Media±EE		Media±EE
Ch'aku		ns		ns		ns		ns
	198	2.27±0.04 <sup>a</sup>	198	14.85±0.34 <sup>a</sup>	198	17.13±0.38 <sup>a</sup>	197	6.47±0.08 <sup>a</sup>
Sexo (S)		ns		*		*		ns
H	96	2.22±0.06 <sup>a</sup>	96	14.19±0.50 <sup>b</sup>	96	16.41±0.55 <sup>b</sup>	96	6.33±0.13 <sup>a</sup>
M	102	2.33±0.06 <sup>a</sup>	102	15.48±0.46 <sup>a</sup>	102	17.80±0.52 <sup>a</sup>	101	6.59±0.10 <sup>a</sup>
Grupo etario (G)		***		***		***		***
DL	36	2.80±0.08 <sup>a</sup>	36	19.74±0.51 <sup>a</sup>	36	22.54±0.58 <sup>a</sup>	36	7.11±0.13 <sup>a</sup>
2D	54	2.30±0.08 <sup>a</sup>	54	15.24±0.58 <sup>b</sup>	54	17.55±0.65 <sup>b</sup>	53	6.57±0.16 <sup>ab</sup>
4D	54	2.14±0.08 <sup>bc</sup>	54	13.98±0.66 <sup>bc</sup>	54	16.12±0.72 <sup>bc</sup>	54	6.49±0.16 <sup>b</sup>
BLL	54	2.03±0.07 <sup>c</sup>	54	12.08±0.50 <sup>c</sup>	54	14.11±0.56 <sup>c</sup>	54	5.91±0.12 <sup>c</sup>
Región corporal		ns		*		*		ns
CM	66	2.22±0.07 <sup>a</sup>	66	14.34±0.59 <sup>ab</sup>	66	16.56±0.65 <sup>ab</sup>	65	6.37±0.15 <sup>a</sup>
GP	66	2.40±0.08 <sup>a</sup>	66	16.00±0.63 <sup>a</sup>	66	18.40±0.70 <sup>a</sup>	66	6.62±0.13 <sup>a</sup>
PA	66	2.21±0.07 <sup>a</sup>	66	14.21±0.54 <sup>b</sup>	66	16.42±0.60 <sup>b</sup>	66	6.41±0.14 <sup>a</sup>
Interacción (S×G)		ns		ns		ns		*

EE=error estándar, MDFP=media de la densidad de folículos primarios, MDFS=media de la densidad de folículos secundarios, MDFo=media de la densidad folicular y MIFo=media del índice folicular (relación de folículos secundarios sobre primarios) H, hembra; M, macho; DL, diente de leche; 2D, dos dientes; 4D, cuatro dientes; BLL, boca llena; CM, costillar medio; GP, grupa; PA, paleta. Significancias: \*\*\* significa  $p < 0.001$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*  $p < 0.05$ , ns  $p > 0.05$  (no significativo) Letras diferentes en las líneas dentro de cada factor indican diferencias significativas.

Asimismo, nuestro resultado fue inferior a Copana et al. (2000) que encontraron, folículos primarios,  $4.8$  f/mm<sup>2</sup>, en llamas bolivianas. Esto debido a factores genéticos propios del animal.

**La media de la densidad de folículos secundarios**, fue afectado por el sexo ( $p \leq 0.05$ ), grupo etario ( $p \leq 0.001$ ) y región corporal ( $p \leq 0.05$ ) (Tabla 7), Los mayores y menores MDFS se encontraron en machos y hembras ( $15.48$  y  $14.19$  mm<sup>2</sup>), diente de leche y boca llena ( $19.74$  y  $12.08$  f/mm<sup>2</sup>) y en grupa y paleta ( $16.00$  y  $14.21$  f/mm<sup>2</sup>),

respectivamente. Asimismo, los resultados encontrados fueron superiores a Curasma & Rodriguez (2016) quien encontró valores de  $17.62 \pm 0.74$ ,  $17.13 \pm 0.84$ ,  $15.21 \pm 0.86$ ,  $13.40 \pm 3.02$  y  $10.42 \pm 1.48$  f/mm<sup>2</sup> en 1, 2, 3, 4 y 5 años de edad llamas en Huancavelica. Los resultados de la investigación, respecto al MDFS, fueron inferiores a McGregor (2020) quien reportó valores para, densidad de folículos secundarios 19.9, 18.4, 21.0 y 14.8 f/mm<sup>2</sup> al nacimiento, a 114, 180, y 420 días respectivamente en el mohair.

**Media de la densidad folicular**, esta media fue afectada por el sexo ( $p \leq 0.05$ ), grupo etario ( $p \leq 0.001$ ) y región corporal ( $p \leq 0.05$ ). Se encontraron mayores y menores MDFo, en machos y hembras ( $17.80$  y  $16.41$  mm<sup>2</sup>), diente de leche y boca llena ( $22.54$  y  $14.11$  mm<sup>2</sup>) y, en la grupa y paleta ( $18.40$  y  $16.42$  f/mm<sup>2</sup>), respectivamente. Sin embargo, los resultados encontrados fueron superiores a Curasma & Rodriguez (2016) quien reporta valores de  $19.58 \pm 0.81$ ,  $18.98 \pm 0.88$ ,  $17.15 \pm 0.85$ ,  $15.84 \pm 3.36$  y  $12.42 \pm 1.45$  f/mm<sup>2</sup> en 1, 2, 3, 4 y 5 años de edad respectivamente en la región de Huancavelica

**Media del índice folicular**, para el índice se encontró un comportamiento diferente entre los factores sexo, grupo etario y región corporal, respecto a la MDFP, MDFS y MDFo. Para el grupo etario ( $p \leq 0.001$ ), nuestros resultados fueron afectados por la MIFo, donde los mayores y menores de MIFo lo tuvieron las llamas DL y BLL, respectivamente (Tabla 7). Además, hubo efecto de la interacción (Tabla 7) entre el sexo y el grupo etario ( $S \times GE$ ;  $p \leq 0.05$ ).

Por otro lado, los resultados encontrados fueron inferiores a Curasma & Rodriguez (2016), quien reportó valores de  $9.01 \pm 0.16$ ,  $9.30 \pm 0.83$ ,  $8.78 \pm 3.46$  y  $5.95 \pm 2.03$  FS/FP en 1, 2, 3 y 4 años de edad, sin embargo similares en adultos (BLL). Asimismo, los resultados encontrados fueron inferiores a McGregor (2020) respecto a la relación de S/P encontró 2.56, 9.32, 9.07 y 9.11 FS/FP en las edades al nacimiento, 114, 180, y 420 días respectivamente, con un aumento en la relación S/P en el mohair.

El comportamiento de los factores sexo, grupo etario y región corporal fue diferente en la MIFo, respecto a la MDFP, MDFS y MDFo. Al respecto, para el grupo etario ( $p \leq 0.001$ ) en las llamas Ch'aku fue afectado por la MIFo, a diferencia del sexo y la región corporal. Sin embargo, hubo efecto de la interacción entre sexo  $\times$  grupo etario ( $p \leq 0.05$ ). El diámetro promedio de la fibra (DMF) es el principal determinante de la calidad (Lupton et al., 2006).

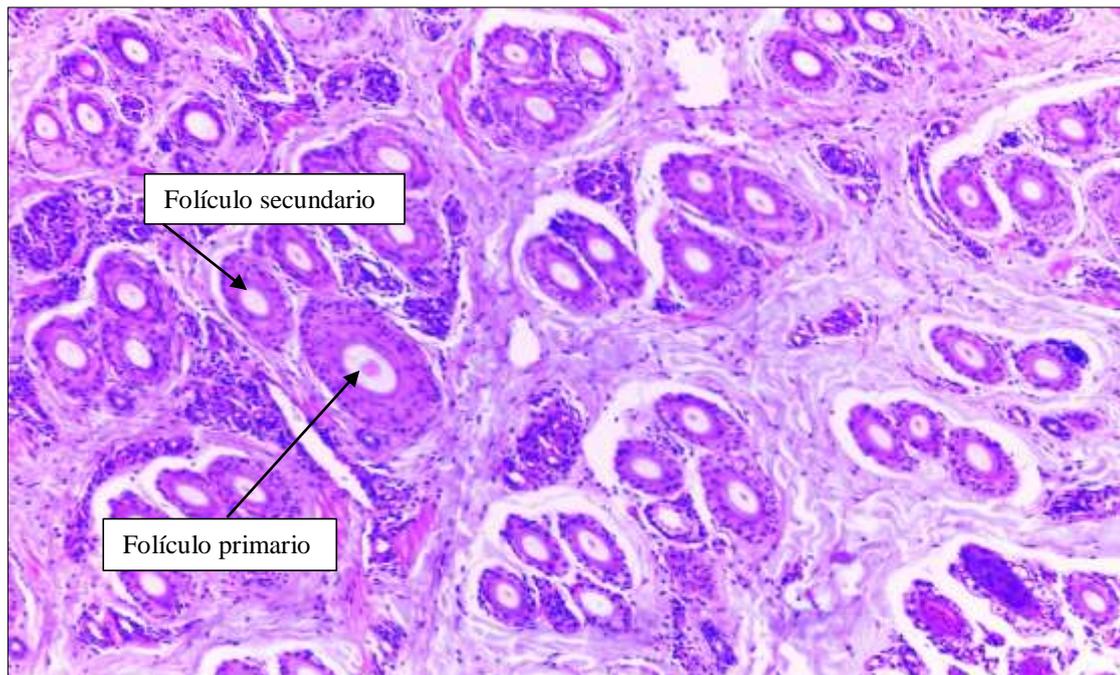


Figura 5. Folículos primario y secundario de la fibra de llamas Ch'aku

Asimismo, se demostró que la manipulación nutricional durante la mitad de la preñez y la lactancia puede alterar las poblaciones de folículos de la piel y en consecuencia el vellón, el aumento de la MDF se asoció con el aumento de la tasa de crecimiento de la fibra a edades más avanzadas (McGregor, 2020). En la Figura 5, se muestra los folículos primarios y secundarios de la llama Ch'aku formando nidos foliculares. En las ovejas Romney, la esquila estimula el crecimiento de la lana, y la esquila dos veces al año aumenta la producción de lana en el merino de Australia (Bigham, 1974).

***En el análisis de efectos de los factores sexo, grupo etario, región corporal e interacción*** sobre la MDFP, MDFS, MDFo y MIFo, se ha observado un comportamiento variable.

***En el caso del factor sexo***, no se encontró diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ) entre machos y hembras en la MDFP y MDFS, respectivamente. Los resultados encontrados son inferiores a Tumi (2017) quien trabajó con alpacas a la primera esquila y encontró en MDFP, MDFS y la relación de FS/FP en hembras valores de  $2.8 \text{ f/mm}^2$ ,  $34.09 \text{ f/mm}^2$  y  $12.18 \text{ FS/FP}$ , y en machos  $2.7 \text{ f/mm}^2$ ,  $36.08 \text{ f/mm}^2$  y  $13.36 \text{ FS/FP}$  respectivamente. Asimismo, el autor reportó en la segunda esquila valores de  $2.8 \text{ f/mm}^2$ ,  $31.51 \text{ f/mm}^2$  y  $11.15 \text{ FS/FP}$  en machos, y  $2.4 \text{ f/mm}^2$ ,  $31.78 \text{ f/mm}^2$  y  $13.24 \text{ FS/FP}$  en hembras respectivamente. Asimismo, a Copana et al. (2000), estudió llamas

en crecimiento, en donde determinaron folículos primarios, folículos secundarios y la relación S/P de  $4.75 \pm 0.9$  FP/mm<sup>2</sup>,  $16.06 \pm 3.8$  FS/mm<sup>2</sup> y  $3.45 \pm 0.6$  S/P, respectivamente; y encontraron que la mayor cantidad de folículos fue en las llamas de tipo Th'amphulli y de menor cantidad en llamas de tipo Q'ara.

Los resultados respecto a la relación MIFo son muy similares a los publicados por Antonini et al. (2004) en llamas Ch'aku y encontró valores de 4.41, 5.87, 4.62 y 4.66 FS/FP en 2, 4, 6 y 10 meses de edad. Asimismo, son inferiores a Pallotti et al. (2020) que encontró valores de  $8.15 \pm 1.48$  FS/FP y  $7.64 \pm 1.20$  FS/FP en alpacas esquiladas y no esquiladas respectivamente (Caylloma, Arequipa, Perú). No es de extrañar que el parámetro esté condicionado por la estación, como reflejo de las variaciones cuantitativas de los pastos, así como de otros atributos del vellón como el diámetro y la longitud de la fibra, o el peso vivo que varían a lo largo del año en relación con el estado nutricional (Quispe-Peña et al., 2014).

***Sobre el factor grupo etario***, los resultados para MDFS son inferiores a Oruna (2016) quien reportó  $36.4 \pm 8.7$  f/mm<sup>2</sup>, en crías de alpaca, esto nos indica que a mayor edad, baja la densidad de fibra. Asimismo, inferiores a Copana (2002) quien obtiene para MDFo de  $20.80$  f/mm<sup>2</sup> en llamas hasta los 12 meses de edad (Bolivia).

***Media del índice folicular***, los resultados respecto este parámetro son inferiores a Ccalta (2020) quien reportó valores en alpacas de  $7.23 \pm 2.98$ ,  $7.48 \pm 2.89$ ,  $7.75 \pm 3.23$  y  $7.48 \pm 3.13$  FS/FP en DL, 2D, 4D y BLL respectivamente, no encontrando diferencia significativa entre las edades. Asimismo, son superiores a Antonini et al. (2004) que encontró en llamas Ch'aku de 10 meses de edad un valor de 4.66 FS/FP en Tocra (Caylloma, Arequipa). Asimismo, los resultados encontrados son inferiores a Pallotti et al. (2020) quien ha trabajado en alpacas en Tocra (Caylloma, Arequipa, Perú) donde encontró  $7.4 \pm 1.39$ ,  $7.51 \pm 0.71$ ,  $7.17 \pm 0.95$ ,  $8.51 \pm 1.75$  FS/FP, en 10, 11, 12, y 16 meses de edad en alpacas de la raza Huacaya.

Las diferencias encontradas se podrían atribuir a la procedencia de animales, alimentación y la zona de muestreo. A lo largo del año hay variaciones en la cantidad y calidad de los pastos, lo que afecta la nutrición de las alpacas como lo muestran las ganancias y pérdidas de peso vivo de las alpacas (Quispe-Peña et al., 2014). Con relación a la edad, los diferentes tipos de folículos disminuyen desde los 2 hasta los 12 meses de edad, después de los seis meses la densidad folicular ya no aumenta porque

los folículos secundarios ya maduraron a los dos meses, por tal razón se observa un número mayor densidad (Copana et al., 2000).

***Sobre el factor región corporal***, en los resultados consignados en la Tabla 7 se observa, que el índice folicular en llamas Ch'aku según región corporal, fue  $6.37 \pm 0.15$ ,  $6.62 \pm 0.13$  y  $6.41 \pm 0.14$ , FS/FP para las regiones corporales de CM, GP y PA donde no existió diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ).

Estos resultados son superiores a Antonini et al. (2004) quien encontró una relación folicular de 4.41, 5.87, 4.62 y 4.66 FS/FP considerando la región corporal del costillar medio en llamas Ch'aku de 2, 4, 5 y 10 meses de edad (Caylloma, Arequipa). Asimismo, fueron superiores a Ramos et al. (2018) que reportó valores de índice folicular de  $3.06 \pm 0.80$ ,  $3.44 \pm 0.78$ ,  $3.83 \pm 1.22$  y  $3.31 \pm 0.95$  FS/FP en DL, 2D, 4D y BLL en alpacas de la región de Apurímac. Sin embargo, fueron inferiores a Antonini et al. (2018) quien obtuvo 8.31 FS/FP en alpacas (Arequipa). Por tanto, podríamos indicar que existe una uniformidad en la relación FS/FP en las regiones corporales de las llamas Ch'aku estudiadas.

***Respecto a la interacción entre grupo etario y sexo***, en la Figura 6 se aprecia las interacciones entre el sexo y el grupo etario en la MIFo en la llama Ch'aku. En el análisis de esta interacción (Figura 6), se aprecia que en los diferentes grupos etarios al menos en uno existe diferencias entre el sexo, como ocurre entre machos y hembras dentro de las llamas Ch'aku de cuatro dientes.

Asimismo, en esta interacción se observa que, dentro de las hembras, las llamas Ch'aku con dientes de leche se encontró más MIFo que el subgrupo conformado por dos dientes, cuatro dientes y boca llena. Análogamente, dentro de los machos, el subgrupo conformado por diente de leche, dos y cuatro dientes tuvieron mayores MIFo que los animales de boca llena.

Los resultados encontrados (Figura 6) fueron superiores a Antonini (2010) en el índice folicular de 5.48 S/P y 5.45 S/P en llamas de 12 y 14 meses de edad (Caylloma, Arequipa, Perú), lo que demuestra que no incrementa el índice folicular en llamas desde los dos meses hasta los 14 meses de edad. Sin embargo, es similar a los resultados encontrados en BLL de hembras. Esta ligera diferencia puede deberse a

diferencias en la estructura genética entre los rebaños o las muestras, así como a diferencias en el pasto que consumen (Pallotti et al., 2020).

En otras especies, Molina et al. (2016) encontró un índice folicular S/P de  $7.1 \pm 0.52$  y  $7.21 \pm 0.62$  en apacas Huacaya y Suri respectivamente.

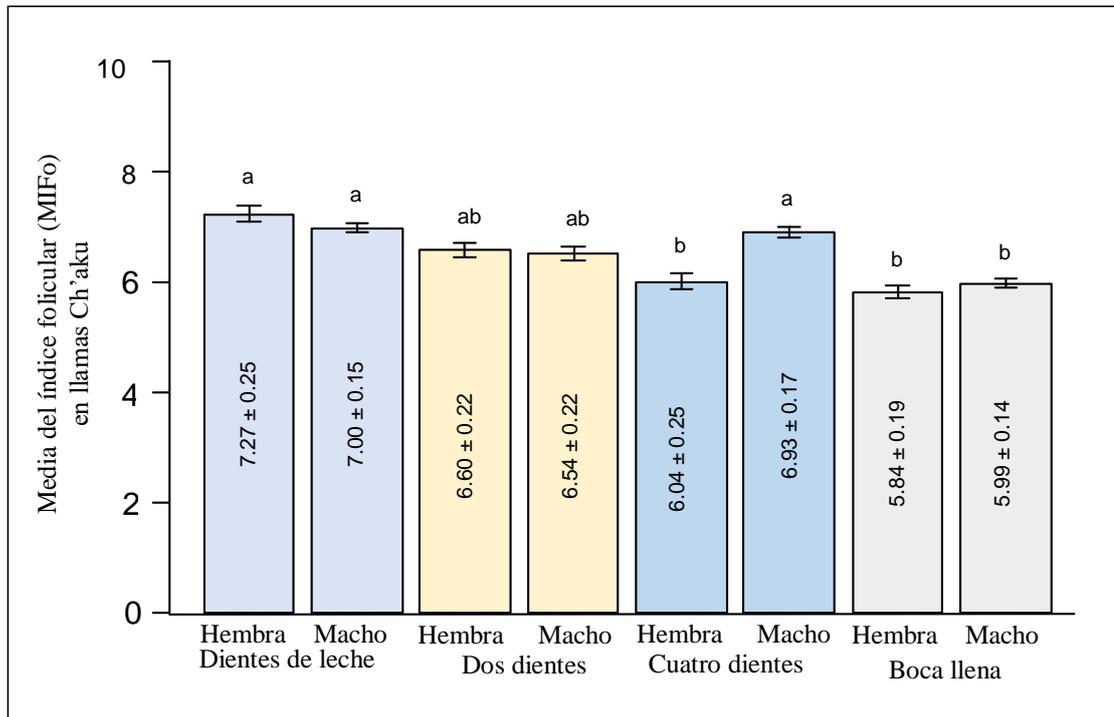


Figura 6. Interacción Grupo etario  $\times$  Sexo de MIFo (Media del índice folicular) en llama Ch'aku

Asimismo, los resultados (Figura 6) fueron inferiores a Chamut et al. (2016) quien encontró en vicuñas un ratio para S/P de  $42 \pm 2$  (Jujuy, Argentina), a Ccalta (2020) que encontró un índice folicular de  $7.85 \pm 3.31$  S/P y  $7.26 \pm 2.90$  S/P en machos y hembras respectivamente, en apacas Huacaya (La Raya, Cusco).

El desarrollo de los folículos pilosos completamente funcionales en la piel de los camélidos sudamericanos no se ha investigado adecuadamente, a pesar de que la edad en la que se alcanza la máxima producción de fibra es importante y fundamental para la planificación del correcto manejo de la esquila de apacas y llamas. Por lo tanto, es importante determinar la edad a la que folículos alcanzan la madurez en los genotipos comercialmente valiosos Huacaya, y Ch'aku, así como para definir estructura folicular de la piel y la actividad y propiedades físicas de las fibras producidas (Antonini, 2010). Los folículos primarios están rodeados por múltiples folículos secundarios más pequeños (Figura 6). Que se fusionan cerca de la entrada de los conductos sebáceos y

comparten un infundíbulo folicular común; además, la piel sana de las alpacas se parece mucho a la de las llamas (Fleis & Scott, 2010).

Con respecto a las interacciones de la media del índice folicular (MIFo), ahora está bien establecido en ovejas, así como en el Merino todos los folículos primarios están maduros al nacer, mientras que casi ninguno de los folículos secundarios madura hasta después del nacimiento. La edad a la que todos los folículos secundarios están completamente desarrollados varía entre las diferentes razas de ovejas (Chamut et al., 2016).

Las fibras producidas por los folículos secundarios de la piel son generalmente las de mayor valor comercial. Para dicho propósito comercial, el potencial productivo de los folículos de la piel se puede medir ya sea como la proporción de folículos S/P o como la densidad de folículos secundarios por unidad de superficie de piel. Sin embargo, la relación S/P suele ser una medida más adecuada, ya que no es necesario tener en cuenta la expansión de la piel durante el crecimiento del animal ni el encogimiento de la piel en la etapa de procesamiento (Henderson & Sabine, 1991).

#### **4.3.2. Densidades foliculares de la fibra de llamas Q'ara**

*Media de la densidad de folículos primarios*, en llamas Q'ara (Tabla 8), se encontró una significancia para el sexo ( $p \leq 0.05$ ), el grupo etario ( $p \leq 0.001$ ) y la región corporal ( $p \leq 0.01$ ). Se encontró en machos de  $2.42 \text{ f/mm}^2$ , donde presentaron una mayor densidad folicular que las hembras  $2.24 \text{ f/mm}^2$ .

En el grupo etario, las llamas dientes de leche ( $2.73 \text{ f/mm}^2$ ) tenían una mayor MDFP que las llamas de dos dientes ( $2.24 \text{ f/mm}^2$ ), cuatro dientes ( $2.26 \text{ f/mm}^2$ ) y boca llena ( $2.09 \text{ f/mm}^2$ ). Respecto a la región corporal, en la región de la grupa se encontró  $2.46 \text{ f/mm}^2$ , teniendo una mayor densidad folicular en esta zona. Sin embargo la región paleta se encontró una media de  $2.18 \text{ f/mm}^2$ .

Los resultados fueron inferiores a Wuliji et al. (2006), quien encontró  $3.9 \pm 0.15 \text{ f/mm}^2$  de folículos primarios en cabras españolas, además están muy relacionados con la actividad folicular. Asimismo los resultados encontrados para folículos primarios y secundarios están relacionados Figura 7.

*Respecto a la media de la densidad de folículos secundarios*, fue afectado por el grupo etario ( $p \leq 0.001$ ), pero no por el sexo, ni por la región corporal. Los mayores y menores

MDFS se encontraron en animales dientes de leche y boca llena, 18.53 f/mm<sup>2</sup> y 11.78 f/mm<sup>2</sup>, respectivamente

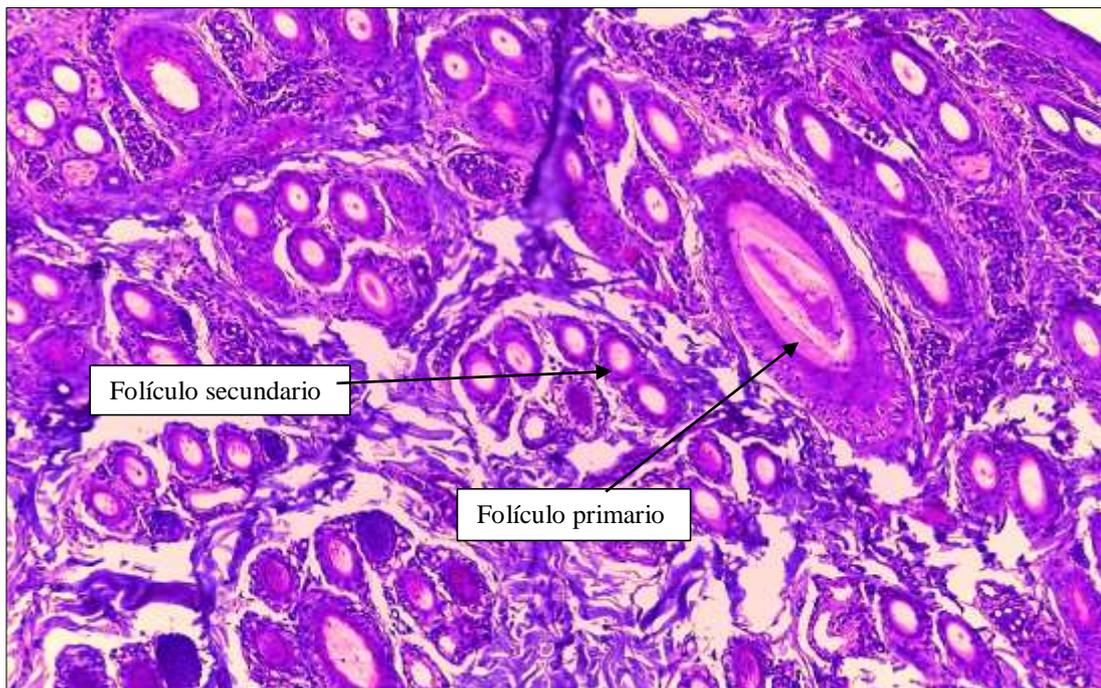


Figura 7. Folículos primario y secundario de la fibra de llamas Q'ara

Los resultados de MDFS de esta investigación fueron inferiores a los encontrados por He et al. (2015), en el primer mes fue  $14.805 \pm 3.082$  f/mm<sup>2</sup>, en el décimo mes  $29.372 \pm 5.320$  f/mm<sup>2</sup> y en el décimo segundo mes  $22.022 \pm 3.492$  f/mm<sup>2</sup> en cabras Cashmere (China). Esto demuestra que a medida que avanza el tiempo baja la densidad folicular, debido a factores como alimentación, base genética del rebaño y las muestras con que se trabajó. Asimismo, Wuliji et al. (2006) en España, encontró  $26.8 \pm 1.22$  f/mm<sup>2</sup> de folículos secundarios en cabras, lo cual afectaba la actividad folicular.

**En lo que respecta a la densidad folicular** de llamas Q'ara, esta no fue afectado por el sexo, ni por la región corporal, pero si fueron afectados por el grupo etario ( $p \leq 0.001$ ). Dentro del grupo etario, la mayor MDFo encontrado fue en dientes de leche ( $21.01$  mm<sup>2</sup>) y el menor en boca llena ( $13.87$  mm<sup>2</sup>).

**Sobre la media del índice folicular en las llamas Q'ara** (Tabla 8), no se encontró efecto del sexo ni de la región corporal ( $p > 0.05$ ), pero si hubo efecto de la interacción entre el sexo  $\times$  grupo etario ( $p \leq 0.05$ ). Los resultados encontrados fueron inferiores a Curasma & Rodriguez (2016) que obtuvieron  $7.22 \pm 2.54$  FS/FP en llamas Q'ara

(Huancavelica). Inferiores a Wuliji et al. (2006), quien encontró  $7.0 \pm 0.23$  FS/FP en cabras españolas.

Tabla 8.

**Media de la densidad de folículos primarios, media de la densidad de folículos secundarios, media de la densidad folicular y media del índice folicular de la piel de llamas Q'ara por sexo, grupo etario e interacción.**

	MDFP(mm <sup>2</sup> )		MDFS(mm <sup>2</sup> )		MDFo(mm <sup>2</sup> )		MIFo(FS/FP)	
	n	Media±EE	n	Media±EE	n	Media±EE	n	Media±EE
Q'ara		ns		ns		ns		ns
	195	2.33±0.04 <sup>a</sup>	192	14.49±0.32 <sup>a</sup>	192	16.80±0.36 <sup>a</sup>	192	6.28±0.08 <sup>a</sup>
Sexo (S)		*		ns		ns		ns
H	99	2.24±0.06 <sup>b</sup>	99	14.22±0.45 <sup>a</sup>	98	16.32±0.48 <sup>a</sup>	98	6.32±0.12 <sup>a</sup>
M	96	2.42±0.06 <sup>a</sup>	93	14.63±0.45 <sup>a</sup>	94	17.01±0.49 <sup>a</sup>	94	6.14±0.11 <sup>a</sup>
Grupo etario (G)		***		***		***		***
DL	51	2.73±0.08 <sup>a</sup>	48	18.53±0.58 <sup>a</sup>	47	21.01±0.62 <sup>a</sup>	51	7.05±0.15 <sup>b</sup>
2D	42	2.24±0.08 <sup>b</sup>	42	14.11±0.62 <sup>b</sup>	43	16.35±0.68 <sup>b</sup>	39	6.09±0.13 <sup>b</sup>
4D	45	2.26±0.08 <sup>b</sup>	45	13.66±0.53 <sup>b</sup>	45	15.93±0.59 <sup>b</sup>	45	6.16±0.19 <sup>b</sup>
BLL	57	2.09±0.06 <sup>b</sup>	57	11.78±0.38 <sup>c</sup>	57	13.87±0.44 <sup>c</sup>	57	5.66±0.10 <sup>b</sup>
Región		**		ns		ns		ns
CM	65	2.35±0.08 <sup>ab</sup>	64	14.47±0.59 <sup>a</sup>	64	16.79±0.65 <sup>a</sup>	65	6.22±0.13 <sup>a</sup>
GP	65	2.46±0.07 <sup>a</sup>	63	14.97±0.53 <sup>a</sup>	63	17.19±0.55 <sup>a</sup>	64	6.18±0.14 <sup>a</sup>
PA	65	2.18±0.07 <sup>b</sup>	65	13.84±0.52 <sup>a</sup>	65	16.02±0.58 <sup>a</sup>	63	6.30±0.15 <sup>a</sup>
Interacción (S×G)		ns		ns		ns		*

En las filas: H, hembra; M, macho; DL, diente de leche; 2D, dos dientes; 4D, cuatro dientes; BLL, boca llena; CM, costillar medio; GP, grupa; PA, paleta. Significancias: \*\*\* significa  $p < 0.001$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*  $p < 0.05$ , ns  $p > 0.05$  (no significativo). Letras diferentes en las líneas dentro de cada factor indican diferencias significativas.

Asimismo, inferior a 15.07 FS/FP reportado por Escobar & Esteban (2009) en Huancavelica. Sin embargo, fueron superiores a Lusky et al. (2006)  $5.35 \pm 1.44$  FS/FP en llamas Q'ara bolivianas. Los resultados encontrados no presentan gran diferencia respecto al índice folicular con Antonini et al. (2004). Estas diferencias se deberían a factores genéticos de los rebaños, estaciones del año, tipo de alimentación, efectos hormonales y la frecuencia de esquilas.

*En el análisis de los efectos de los factores sexo, grupo etario, región corporal e interacción* sobre la MDFP, MDFS, MDFo y MIFo en llamas Q'ara, similar a las llamas Ch'aku, se ha observado un comportamiento variable.

*Según el factor sexo*, en la media densidad folicular no se encontró diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ) entre machos y hembras. Estos resultados (Tabla 8) son inferiores a Mendoza, (2014) quien obtuvo medias de 32.125 y 30.938 f/mm<sup>2</sup> en hembras y machos respectivamente, siendo similares, en alpacas con suplementación de alimento (Junín). Sin embargo, Rocha (1988) citado por Rodríguez (2000) encontró

en llamas Q'ara  $19.4 \text{ f/mm}^2$ , aunque sin dar a conocer el sexo, ni la edad de los animales; un aspecto importante que observó fue que los vellones con mayor número de fibras por unidad de superficie (mayor densidad de fibra) tuvieron una fibra más fina, lo que explica que existe una competencia de los folículos por nutrientes. Se conoce que los nuevos folículos secundarios crecen primero en grupo y luego se separan en folículos secundarios individuales (Henderson & Sabine, 1991)

**Respecto al factor el grupo etario**, la MDFP en los grupos etarios en estudio, tuvieron diferencias ( $p \leq 0.05$ ) entre DL con 2D, 4D y BLL, pero 2D, 4D y BLL tuvieron los mismos valores. Estos resultados fueron superiores a Curasma & Rodriguez (2016) en dientes de leche, 2D y 4D donde encontró  $1.96 \pm 0.08$ ,  $1.85 \pm 0.16$  y  $1.94 \pm 0.60 \text{ f/mm}^2$ .

En la MDFS en los diferentes grupos etarios, se encontró que DL fue superior a los valores de 2D y 4D, y estos a BLL ( $p \leq 0.05$ ). Se aprecia claramente, que las llamas Q'ara con diente de leche tuvieron mayor densidad folicular debido al crecimiento del animal; sin embargo, a partir de los dos dientes se estabiliza la densidad debido a que hay expansión de la piel, donde estos animales incrementan del tamaño corporal. Esto conlleva a que los animales boca llena presenten una baja densidad folicular (Tabla 8). El factor de MDFS varía fuertemente en función a la edad y raza. Estos resultados fueron superiores a Curasma & Rodriguez (2016) que reportó  $17.62 \pm 0.74$ ,  $17.13 \pm 0.84$ ,  $15.21 \pm 0.86$ ,  $13.40 \pm 3.02$  y  $10.42 \pm 1.48 \text{ f/mm}^2$  en 1, 2, 3, 4 y 5 años de edad. Las fibras producidas por los folículos secundarios de la piel son generalmente las de mayor valor comercial. Según, Henderson & Sabine (1991), la actividad de folículos secundarios en enero fue más alta que en febrero y más baja que en marzo, lo que indica que estos comenzaron a crecer luego del desprendimiento de la fibra vieja. Además, informó que los folículos secundarios crecen primero en grupo, y luego se separan en folículos secundarios individuales.

Respecto a la MDFo, los resultados de esta investigación (Tabla 8) fueron superiores a Curasma & Rodriguez, (2016) que informaron una densidad de  $19.58 \pm 0.81$ ,  $18.98 \pm 0.88$ ,  $17.15 \pm 0.85$ ,  $15.84 \pm 3.36$  y  $12.42 \pm 1.45 \text{ f/mm}^2$  en 1, 2, 3, 4 y 5 años de edad respectivamente en llamas Q'ara (Lachocc, Huancavelica) encontrando diferencias ( $p \leq 0.05$ ) entre DL y BLL, y fueron similares entre 2D y 4D. Como se demuestra, la MDFo disminuye gradualmente a medida que avanza la edad,

Acerca del índice folicular en llamas Q'ara se encontró valores similares entre los grupos etarios ( $p \geq 0.05$ ), los que se muestran en la Tabla 8. Estos resultados, fueron superiores a Copana et al. (2000) que obtuvo 3.45 FS/FP en llamas hasta 12 meses de edad (Bolivia). Pero fueron inferiores a Curasma & Rodriguez (2016), que obtuvieron  $7.22 \pm 2.54$  FS/FP (Huancavelica, Perú) en llamas Q'ara. Además, los valores estuvieron próximos a Lusky et al. (2006) que reportaron  $5.35 \pm 1.44$  FS/FP en llamas Q'ara (Bolivia). Sin embargo, fueron inferiores a Antonini et al. (2004) que reportaron 4.89 FS/FP en llamas Ch'aku. Estas diferencias se deberían a la genética de los rebaños, y a un conjunto de factores ambientales involucrados como las estaciones del año, la alimentación, y la frecuencia de esquilas.

Respecto a la MDFS por región corporal (Tabla 8), no se encontró efecto de la región corporal ( $p \geq 0.05$ ). Siendo similares a Curasma & Rodríguez (2016) quien reportó un valor de  $14.75 \pm 1.56$  mm<sup>2</sup> a nivel del costillar medio.

**Respecto a la región corporal**, los valores de la MDFo fueron similares ( $p \geq 0.05$ ) como se observa en la Tabla 8. Los valores encontrados fueron similares a Curasma & Rodriguez (2016) que encontró un valor de  $16.79 \pm 1.47$  f/mm<sup>2</sup> a nivel del costillar medio. Sin embargo, fueron inferiores al reportado por Sumari (1986) en  $18.20 \pm 3.17$  f/mm<sup>2</sup> en llamas Ch'aku a nivel del costillar medio (La Raya, Puno, Perú). En alpacas, Ramos et al. (2018) encontró altos valores como  $26.16 \pm 8.42$ ,  $26.15 \pm 8.42$  y  $26.09 \pm 6.87$  f/mm<sup>2</sup> en las regiones corporales de costillar, paleta y muslo respectivamente (Apurímac, Perú).

Sobre los valores encontrados en la media del índice folicular (MIFo) en las diferentes regiones corporales, estos fueron similares, y no fue afectado por la región corporal ( $p \geq 0.05$ ). Asimismo fueron inferiores (Tabla 8), a Curasma & Rodriguez (2016) que encontraron un valor de  $7.66 \pm 1.49$  FS/FP en la región costillar medio en llamas Q'ara. Asimismo, fue inferior a Atlee et al. (1997) quienes reportaron un valor de 9 FS/FP en llamas, lo cual es un indicativo de la lana de calidad media que produce estos animales.

**Según interacción entre grupo etario × sexo**, fue evidente la existencia de similitudes de MIFo entre machos y hembras dentro de cada grupo etario, pero había diferencias entre los MIFo de los sexos respecto a los grupos etarios.

En esta misma interacción, analizada por sexo  $\times$  grupo etario, se encontró que dentro de las llamas hembras Q'ara todos los grupos etarios fueron similares; sin embargo, dentro de los machos, había grupos etarios que fueron similares (Figura 8).

En la Figura 8, se aprecia las interacciones encontradas entre el sexo y el grupo etario en la media de la densidad del índice folicular en llamas Q'ara. Se observa en esta tabla, que conforme aumenta la edad en los grupos etarios, disminuye el MIFo; sin embargo, entre los sexos la MIFo se encontró comportamiento similar.

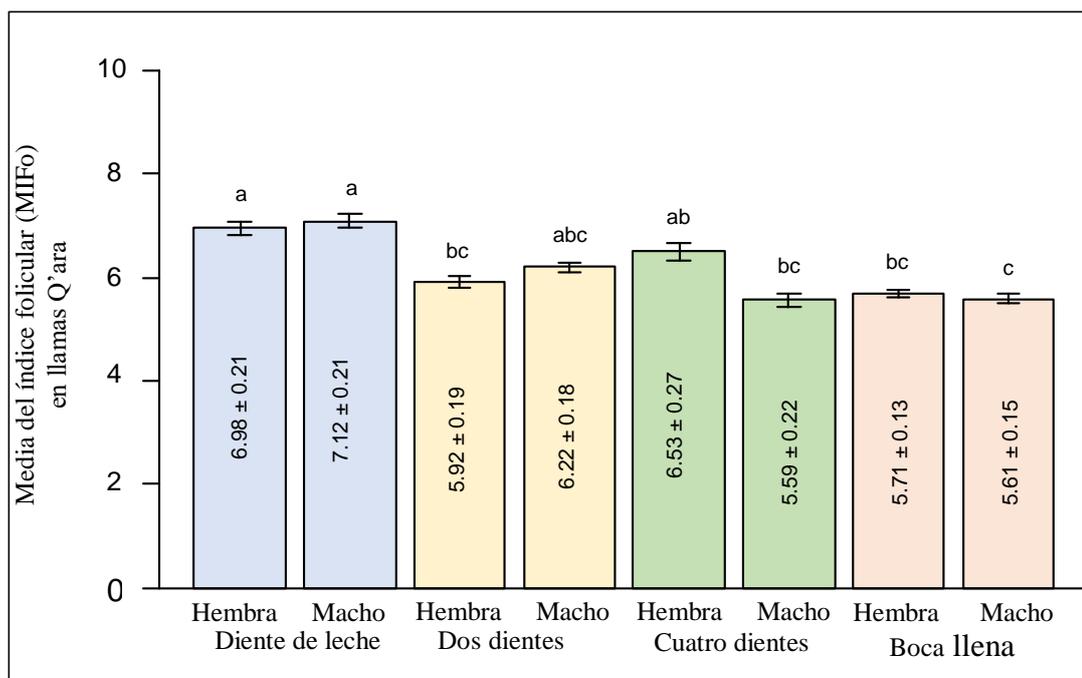


Figura 8. Interacción Grupo etario  $\times$  Sexo de MIFo (Media del índice folicular) en llama Q'ara.

La media del índice folicular encontrados en esta investigación, resultó inferior a  $8.15 \pm 1.48$  y  $7.64 \pm 1.20$  FS/FP reportado en alpacas esquiladas y no esquiladas, respectivamente (Pallotti et al., 2020), en Tocra (Caylloma, Arequipa). Asimismo, fueron inferiores a Curasma & Rodriguez (2016) que encontraron  $7.22 \pm 2.54$  FS/FP como promedio general; referido a la edad fue inferior en DL ( $9.01 \pm 0.16$  FS/FP), pero similar en BLL  $5.26 \pm 0.97$  FS/FP en llamas Q'ara en Lacchoc (Huancavelica).

En otros estudios, Wuliji et al. (2006) encontró  $7.01 \pm 0.23$  FS/FP en cabras españolas. Asimismo, Molina et al. (2016) encontró  $7.1 \pm 0.52$  y  $7.21 \pm 0.62$  en alpacas Huacaya y Suri respectivamente en Quimsachata (Puno, Perú).

#### 4.4. Relaciones entre características tecnológicas de la fibra y densidades foliculares de la piel de llamas.

##### 4.4.1. Correlaciones entre características tecnológicas de la fibra y densidades foliculares de la piel de llamas Ch'aku

En la Figura 9, se observa las correlaciones entre las características tecnológicas con las densidades foliculares de llamas Ch'aku. En las relaciones entre las MDFo y DMF, CF y CRV, se ha encontrado una correlación negativa moderada significativa, entre la MDFo con DMF ( $r=-0.2661$ ;  $p\text{-valor}=0.0015$ ). En cambio, las relaciones entre MDFo con CF y MDFo con CRV se observaron correlaciones moderada positiva ( $r= 0.1171$ ;  $p\text{-valor}=0.1579$ ) y correlaciones negativa moderada ( $r= -0.1600$ ;  $p\text{-valor}=0.0529$ ) ambos no significativas, respectivamente.

En cambio, entre MIFo y CRV estuvieron correlacionadas moderada negativamente ( $r= -0.202$ ;  $p\text{-valor}=0.0150$ ); sin embargo, entre la MIFo y DMF ( $r= -0.1173$ ;  $p\text{-valor}=0.1572$ ) y CF ( $r= 0.0509$ ;  $p\text{-valor}=0.3299$ ) tuvieron ausencia de correlaciones significativas. Asimismo, en el estudio las relaciones entre MDFo y MIFo ( $r=0.5710$ ;  $p\text{-valor}=0.0000$ ) presentaron una correlación positiva alta.

Las correlaciones entre la MDFo con DMF, son inferiores al reporte de Carro et al. (2010) quien encontró  $-0.88$  en cabras angora. Por otra parte, Bustinza, (2001) encontró valores de  $-0.8$  en alpacas. También Apaza et al. (1998) encontró una correlación de  $-0.4773$  en alpacas de La Raya (Puno).

Asimismo, Mendoza (2014) en alpacas con suplementación en la región de Junín encontró  $r= -0.37$ . Por otro lado, los resultado encontrados fueron similares a Sumari (1986) quien reportó la relación inversamente proporcional entre la densidad folicular y diámetro medio de la fibra en llamas de la raza Ch'aku ( $r= -0.29376$ ); pero superiores a Escobar & Esteban (2009) quien reportó  $r= -0.20$  en alpacas de Lachoc (Huancavelica), lo que quiere decir que a mayor densidad folicular corresponde menor diámetro medio de la fibra, estas correlaciones negativas y altas entre la densidad folicular y el diámetro media de la fibra en llamas muestran que las “etapas fisiológicas que intervienen formando la población folicular están profundamente relacionados con aquellos que especifican cada folículo con respecto al tamaño de la fibra”, en llamas Ch'aku estas diferencia también se deben a la población de estudio,

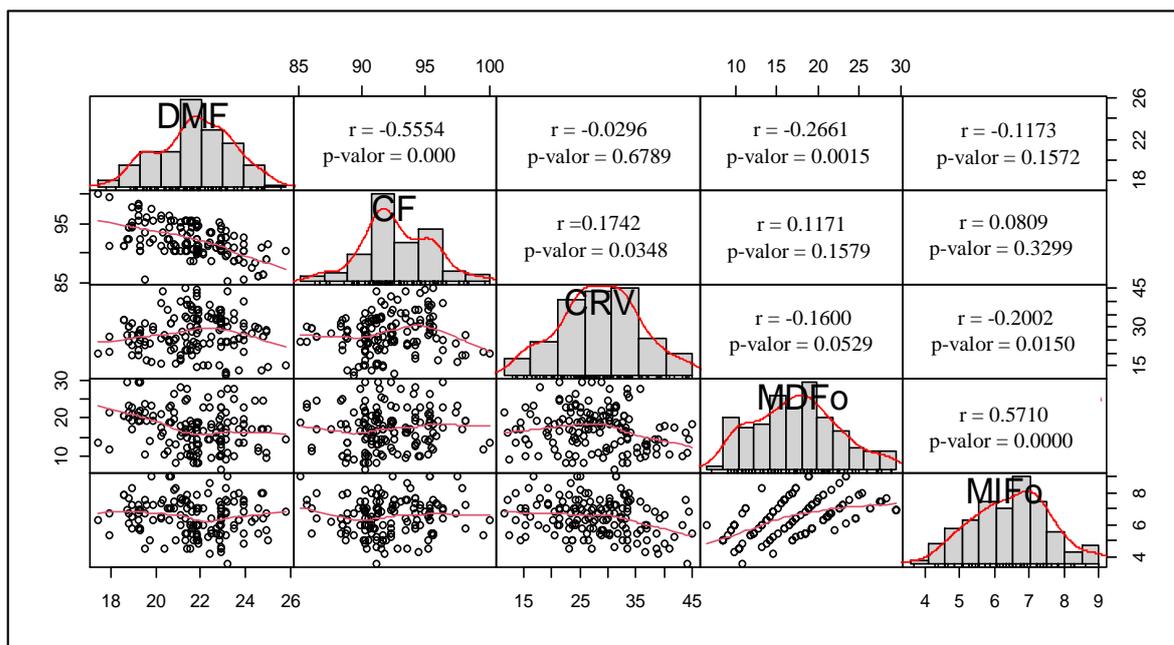


Figura 9. Correlaciones entre algunas características tecnológicas de la fibra y densidades foliculares en llama Ch'aku. DMF diámetro medio de la fibra, CF factor de confort, CRV índice de curvatura, MDFO media de la densidad folicular y MIFO media del índice folicular. Las significancias \*\*\* 0.001, \*\*0.01 y \*0.05.

En ovinos está demostrado que la maduración de folículos depende básicamente de la alimentación durante el último tercio de vida intrauterina y los primeros meses post natal, y el cordero en este periodo no es alimentado adecuadamente, los folículos maduran en menor proporción y todo folículo que no madura en esta etapa ya no madurara posteriormente, por muy buena que sea la alimentación posterior (Córdova 2015).

Asimismo, las correlaciones entre MIFO y DMF fueron inferiores a Oruna (2016) quien encontró un valor de  $r = -0.3$  significativo en alpacas crías (Lachoc, Huancavelica, Perú). Por otro lado, Badajoz (2007) en crías de alpacas de 6 a 10 meses de edad (Cusco, Perú) encontró una correlación negativa entre índice folicular entre MIFO y DMF en alpacas Huacaya y Suri de  $r = -0.73$  y  $r = -0.75$  respectivamente. Asimismo los resultados fueron similares a Escobar & Esteban (2009) quien reporta  $r = -0.115$  entre MIFO y MDFO fue negativo en alpacas (Huancavelica, Perú). Asimismo, Paucar & Sedano (2014) encontraron una correlación de  $r = -0.413$  en alpacas (Lachoc, Huancavelica, Perú), lo que demuestra que mayor relación folicular se encontró a menor diámetro con respecto a la fibra. La relación entre el número de secundarios que rodea a cada primario (relación FS/FP) nos indica la densidad de

vellón, cuanto mayor es esta relación mayor la densidad de vellón (mayor densidad folicular el diámetro de fibra disminuye), por lo que estos animales con alto índice folicular tendrían una fibra con menor diámetro.

Para la correlación entre DMF y FC, se encontró una correlación negativa de  $r = -0.5554$ . Estos resultados fueron inferiores a Arango (2016) quien encontró una correlación de  $r = -0.90$ , una correlación negativa alta. Lo cual indican que existe un grado de asociación entre al diámetro medio de la fibra y el factor de confort, por lo que si el diámetro aumenta traerá consigo la baja del factor de confort.

Respecto a la correlación entre diámetro de fibra e índice de curvatura, los resultados encontrados tuvieron una correlación de  $r = -0.030$  negativa baja y no significativo ( $p \geq 0.05$ ). Estos resultados fueron inferiores a Siguyro (2009), quien reportó  $r = -0.33$  en llamas Ch'aku. Inferiores a Quispe-Ccasa et al. (2020) donde encontró una correlación de  $r = -0.60$  en llamas Ch'aku, y a Wang et al. (2003) quien encontró una correlación de  $r = -0.44$  en alpacas. Sin embargo, los resultados encontrados fueron similares a Córdova (2015) quien reportó  $r = -0.012$  aunque no significativo en llamas (Ecuador). En general, si el diámetro de fibra disminuye, el índice de curvatura aumenta, lo cual es una característica muy favorable en la industria textil.

#### **4.4.2. Correlaciones entre características tecnológicas de la fibra y densidades foliculares de la piel de llamas Q'ara.**

La Figura 10, muestra las relaciones entre las MDFO con DMF, CF y CRV, y se encontraron una correlación negativa moderada entre MDFO y DMF ( $r = -0.169$ ;  $p$ -valor = 0.021), positiva moderada entre MDFO y FC ( $r = 0.190$ ;  $p$ -valor = 0.009) y negativa moderada entre MDFO y CRV ( $r = -0.250$ ;  $p$ -valor = 0.006), todas estas correlaciones fueron significativas.

Respecto a las correlaciones entre las MIFO con DMF, CF y CRV, se observó que entre MIFO y DMF tenían una correlación negativa moderada ( $r = -0.182$ ;  $p$ -valor = 0.013) y entre MIFO y FC una correlación positiva moderada ( $r = 0.167$ ;  $p$ -valor = 0.023). En cambio, hubo ausencia de correlación entre MIFO y CRV ( $r = -0.053$ ;  $p$ -valor = 0.472). Además, las correlaciones entre MDFO y MIFO ( $r = 0.522$ ;  $p$ -valor = 0.001) presentaron una correlación positiva alta.

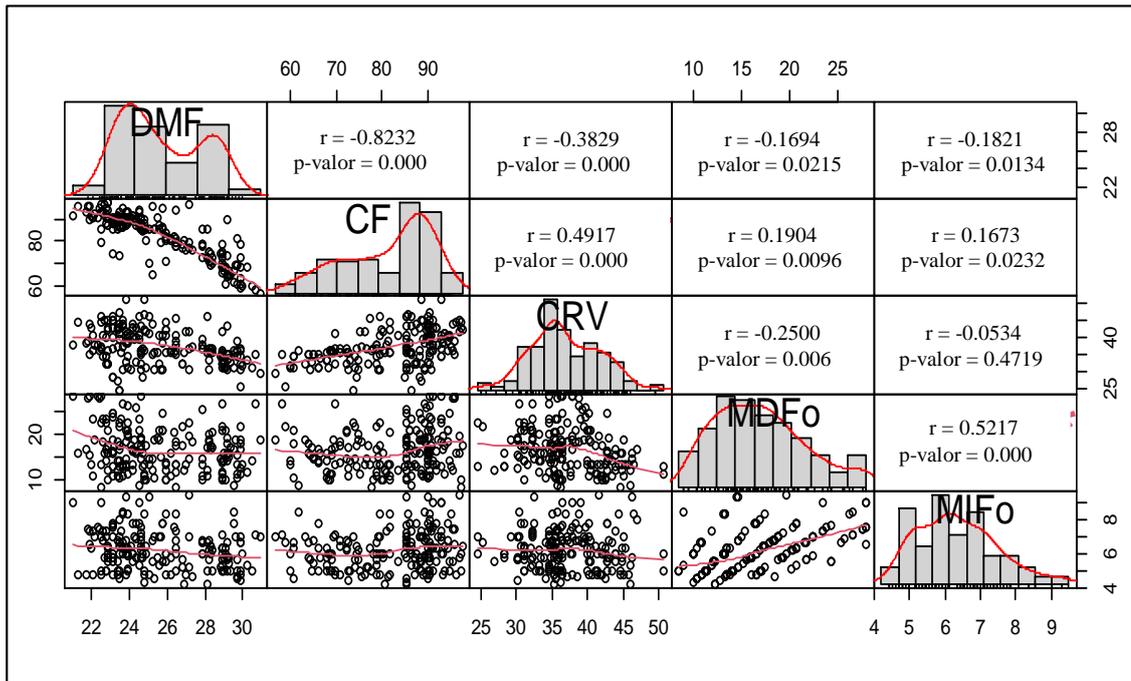


Figura 10. Correlación entre las características tecnológicas y densidad foliculares en llamas Q'ara. DMF diámetro medio de la fibra, CF factor de confort, CRV índice de curvatura, MDFo media de la densidad folicular y MIFo media del índice folicular significancia \*\*\* 0.001, \*\*0.01, \*0.05.

Respecto a la correlación entre MDFo y DMF, los resultados (Figura 10) fueron inferiores a Oruna, (2016) quien reportó  $r = -0.6$  ( $p\text{-valor} = 0.001$ ) en alpacas menores de un año, siendo altamente significativo. Esta correlación negativa demuestra que los animales con mayor densidad folicular tendrían menor diámetro de fibra.

En el caso de la correlación entre MIFo y DMF resulta ser negativa (Figura 10), donde fueron inferiores a Oruna (2016) que reportó  $r = -0.3$  ( $p\text{-valor} = 0.001$ ) en alpacas menores a un año de edad. Asimismo, fueron inferiores a McGregor (2020) que obtuvieron una correlación negativa entre DMF y FS/FP de  $r = -0.28$ ,  $r = -0.31$  y  $r = -0.43$  para nacimiento, 114 y 180 días. También fue inferior a la correlación entre la MDFo y DMF de  $r = -0.25$ ,  $r = -0.43$  y  $r = -0.42$  en las edades de nacimiento, 114 y 180 días respectivamente, en cabras Angora en Australia McGregor (2020).

En la correlación entre el DMF y FC, se ha encontrado una asociación negativa de  $r = -0.8232$ . Esta correlación fue inferior a varios estudios, tales como Paucar (2021) que reportó  $r = -0.98$  en llamas Q'ara (Quimsachata, Puno, Perú), y Arango (2016) que reportó  $r = -0.90$ . Sin embargo, fueron superiores a Cutiri (2019) que encontró  $r = -0.515$  y a Aruquipa (2015) quien reportó  $r = -0.789$  en alpacas (La Paz, Bolivia). El grado de asociación entre el diámetro medio de la fibra y el factor de confort va en



sentido opuesto, lo que indica que cuando el diámetro de la fibra disminuye y el porcentaje del factor de confort aumenta.

La correlación entre el diámetro de fibra y el índice de curvatura fue moderada negativo (Figura 10). Este resultado fue inferior a Paucar (2021) quien encontró  $r = -0.48$  en llamas Q'ara (Quimsachata, Puno, Perú). Esto quiere decir que, cuando el diámetro de fibra disminuye, el índice de curvatura aumenta, claramente notorio en la fibra de alpacas Huacaya.

En cualquier propiedad física de folículo, la magnitud de estas correlaciones disminuye con la edad, y están directamente relacionados con el tamaño y peso vivo del animal; adicionalmente, la manipulación nutricional durante la mitad de la preñez y la lactancia puede alterar las poblaciones de folículos de la piel McGregor, (2020).

## CONCLUSIONES

1. El descordado manual, afectó, las características tecnológicas de la fibra (DMF, DEMF, CVDM, FC y CRV) en llamas Ch'aku y Q'ara. Asimismo, tuvo efecto sobre el grupo etario en las características evaluadas tienen mejores valores en animales jóvenes que en adultos, tanto en Ch'aku como en Q'ara. La región corporal no muestra diferencias significativas en todas las características en Ch'aku, aunque en Q'ara tiene valores con significación de DE, CV y FC. El descordado mejora el vellón en ambas razas, pero mucho más en Q'ara, asimismo, incrementa el factor de confort, y índice de curvatura.
2. En llamas Ch'aku, la MDFP fue afectado por el grupo etario, pero la MDFS y la MDFo por el sexo, el grupo etario y la región corporal; en cambio, la MIFo por el efecto interacción sexo  $\times$  grupo etario. En las llamas Q'ara, la media de la densidad de MDFP fue afectado por el sexo, el grupo etario y la región corporal; en cambio, la MDFS y MDFo fue afectado por el grupo etario, y la MIFo por la interacción sexo  $\times$  grupo etario.
3. En llamas Q'ara la media de densidad folicular y media del índice folicular con diámetro medio de la fibra, factor de confort y índice de curvatura, se encontraron correlaciones moderadas, a excepción de media del índice folicular con índice de curvatura. En llamas Ch'aku, la media de la densidad folicular con diámetro medio de la fibra y media de la densidad folicular con media del índice folicular presentaron una correlación moderada y alta, respectivamente.



## RECOMENDACIONES

Implementar el descordado mecánico para fibras de llamas Q'ara y Ch'aku en todas las edades, que podría contribuir en reducir tiempo en el proceso de descordado.

Evaluar el comportamiento de las densidades foliculares en llamas, desde el nacimiento hasta los diez meses de edad.

Se debe de realizar estudios sobre del grado correlación entre todas las características tecnológicas de la fibra con las densidades foliculares, desde el nacimiento en los camélidos sudamericanos, tomando en cuenta los factores como grupo etario, raza y sexo.

Hacer estudios sobre el patrón espacial de los folículos de la piel, que abriría nuevas posibilidades para mejorar el conocimiento del papel potencial del folículo de la piel en la producción de fibra de camélidos sudamericanos.



## BIBLIOGRAFÍA

- Antonini, M. (2010). Hair follicle characteristics and fibre production in South American camelids. *Animal*, 4(9), 1460–1471.
- Antonini, M., Gonzales, M., & Valbonesi, A. (2004). Relationship between age and postnatal skin follicular development in three types of South American domestic camelids. *Livestock Production Science*, 90(2–3), 241–246.
- Antonini, M., Pacheco., C., Coeli., E., Pazzaglia, I., & Valbonesi., A. (2018). Efecto del doble corte en la calidad del vellón y en la actividad folicular en alpacas (Vicugna pacos). *ÑAWPARISUN*, 59, 59–62.
- Apaza, E., Olarte., U, & Clavetea., L. (1998). *Densidad folicular y diámetro de fibra en alpacas Huacaya*. 7. Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/1Qz58gTXFLiasr1xvc7TGIbdUWbDvEVUO/view>
- Arango Quispe, S. J. S. (2016). *Variación del factor confort en vellones de alpaca Huacaya con relación al sexo y edad*. 4–49.
- Arcoccaulla Collado, R. (2019). *Influencia de edad y sexo en características de fibra de llama raza Chaku (Lama glama) en el distrito de Paras – Ayacucho – 2017*. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3688>.
- Arizaca, P. (2018). Efecto de la zona de muestreo corporal y sexo en características textiles de la fibra de alpacas Huacaya del CIP La Raya. In *Tesis*. Universidad Nacional del Altiplano Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia para optar el Título profesional.
- Arpasi, L. (1999). *Características físicas de vellón de llama (Lama glama) en el C.I.P. La Raya*. Universidad Nacional del Altiplano Tesis para optar el título de Médico Veterinario y Zootecnista.
- Aruquipa, M. (2015). Evaluación de la calidad de fibra de alpaca Huacaya (Vicugna pacos) en dos localidades del municipio de Catacora, departamento de La Paz Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Agronomía. *Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Agronomía Carrera de Ingeniería Agronómica*.
- Atlee, B. A., Stannard, A. A., Fowler, M. E., Willemsse, T., Ihrke, P. J., & Olivry, T. (1997). The histology of normal llama skin. *Veterinary Dermatology*, 8(3), 165–176.
- Ayala, C. (2001). Características físicas de la fibra de Llamas jóvenes. *Progress in, S.A. Camelids Res. EAAP*, 105, 186–188.
- Aylan-Parker, J., & McGregor, B. (2002). Optimising sampling techniques and estimating sampling variance of fleece quality attributes in alpacas. *Small Ruminant Research*,



44(1):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. In *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos Escuela Académico Profesional de Medicina Veterinaria.
- Badajoz, E., Sandoval, N., Chavera, A., & Garcia, W. (2007). Descripción histológica del complejo folicular piloso en crías de alpacas. *I Congreso Nacional de Reproducción y Mejoramiento Genético de Camélidos Sudamericanos*, 03.
- Bernabe Soles, P. E. (2015). *Comparación de las características textiles de las fibras de la Llama Ch'aku (Lama glama) y la alpaca Huacaya (Vicugna pacos) del Centro de Investigacion y Desarrollo de Camelidos Sudamericanos - Lachocc*. Universidad Nacional de Trujillo Escuela Académico Profesional de Zootecnia, para optar el Título profesional.
- Bigham, M. L. (1974). Effects of shearing interval on fleece weight and wool growth on a delineated midside patch. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 17(4), 407–410.
- Boer, M., Duchnik, E., Maleszka, R., & Marchlewicz, M. (2016). Structural and biophysical characteristics of human skin in maintaining proper epidermal barrier function. *Postepy Dermatologii i Alergologii*, 33(1), 1–5.
- Bonacic, C. (1991). Características biológicas y productivas de los camélidos sudamericanos. *Avances En Ciencias Veterinarias*, 6(2). <https://doi.org/10.5354/0719-5273.2010.4642>
- Botha, A. F., & Hunter, L. (2010). The measurement of wool fibre properties and their effect on worsted processing performance and product quality. Part 1: The objective measurement of wool fibre properties. *Textile Progress*, 42(4), 227–339. <https://doi.org/10.1080/00405167.2010.486932>
- Brenes, E., Madrigal, K., Pérez, F., & Valladares, K. (2001). El Cluster de los Camélidos en Perú: diagnóstico competitivo y recomendaciones estratégicas. In *Documentos de Trabajo* (1st ed.). Instituto Centroamericano de Administración de Empresas INCAE.
- Brodthmann, I. L. (2020). *Producción Académica Efecto de la edad sobre la estructura de vellón de llama y su relación con la calidad textil de la fibra*. Universidad Católica de Córdoba, Tesis para optar Doctor en Ciencias Agropecuarias. [http://pa.bibdigital.uccor.edu.ar/2892/1/TD\\_Brodthmann.pdf](http://pa.bibdigital.uccor.edu.ar/2892/1/TD_Brodthmann.pdf).



- Bustanza, V. (2001). *La Alpaca. Conocimiento del gran potencial andino* (Editorial UNA-Puno (ed.); Libro N° 0).
- Calle-Escobar, R. (1984). *Cría y producción animal de camélidos americanos*. Ron Henning Paciencia Lima.
- Calsin, B., Mamani, W., Quispe, J., & Maquera, Z. (2014). Diámetro de fibra y pelos de llamas K'ara y Ch'aku del CIP La Raya UNA Puno. *Memorias Xxxvii Reunión Científica Anual De La Asociación Peruana De Producción Animal, May 2020*, 429. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11590.91208>
- Cardozo, A. (1954). *Los Auquénidos* (Editorial). Primera Edición. La Paz Bolivia
- Carpio, M., & Santana, P. (1982). *Estudio preliminar de la longitud y análisis cuticular en la fibra de vicuña*.
- Carpio, P. (1991). La fibra de camélidos: producción de rumiantes menores alpacas en: (Novoa y Flores). In *RERUMEN*.
- Carro, N., Debedetti, S., & Taddeo, H. (2010). Efecto de la edad sobre la población de folículos pilosos y su relación con características de mohair en caprinos de Angora. *Estación Experimental Agropecuaria Bariloche, INTA, 12(2)*, 161–172.
- Ccalta, A. (2020). Determinación del índice folicular y densidad de fibra de alpacas Huacaya del Centro de Investigación de Camelidos Sudamericanos - La Raya [Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco Escuela Profesional de Zootecnia]. In *Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco*. <http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/UNSAAC>
- CENAGRO [Censo Nacional Agrariopecuario], (2012). *Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)*. Peru. Disponible en <http://www.inei.gov.pe/estadisticas/censos/>
- Chamut, S., Cancino, A. K., & Black-Decima, P. (2016). The Morphological Basis of vicuña wool: Skin and gland structure in Vicugna vicugna (Molina 1782). *Small Ruminant Research, 137(0921–4488)*, 124–129.
- Charca, L. (2021). *Determinación del índice folicular y densidad de fibra en alpacas de la raza Suri de color blanco en el centro de Investigación en Camelidos Sudamericanos (CICAS) La Raya*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco Facultad de Ciencias agrarias.
- Chura, O. (2003). Algunas características físicas de la fibra de alpaca y pelo de llamas Q'ara y Ch'acu en tres comunidades de la puna seca del departamento de Puno. In *Tesis Médico Veterinario y Zootecnista, U.N.A. Puno, Perú*. Universidad Nacional del Altiplano Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, para optar el Título



profesional.

- Coates, W., & Ayerza, R. (2004). Comparison of llama fiber obtained from two production regions of Argentina. *Journal of Arid Environments*, 58(4), 513–524.
- Condor, J. (2019). Caracterización fenotípica de parámetros productivos y textiles de la Llama (Lama glama) K'ara en función de la edad y sexo [Universidad Nacional de Huancavelica Escuela Profesional de Zootecnia, para optar el Título profesional <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2117> <http://repositorio.untumbes.edu.pe>].
- Copana, C., Rodríguez, T., Antonini, M., Ayala, C., & Martínez, Z. (2000). *Estructura y desarrollo de la población folicular de llamas en crecimiento*. Facultad de Agronomía, UMSA, Proyecto SUPREME. Informe final de actividades. La Paz, Bolivia.
- Cordova, F, Leon, & S. (2019). *Estudio de los parámetros productivos y tecnológicos de la lana de ovinos de las razas PDP, Corriedale, Dohne Merino, East Friesian, Pol Dorset, Texel, Finnish Landrace, en la Undac*.
- Córdova, L. (2015). *Comparación de la calidad de las fibras de Vicugna pacos (alpaca) y Lama glama (llama)*. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo - Carrera de Ingeniería Zootécnica.
- Cottle, D. (1991). *Australian sheep and wool handbook*, Inkata press. Melbourne (I. press. Melbourne (ed.); Inkata pre).
- Curasma, J., & Rodríguez, J. (2016). Efecto de la edad sobre la densidad folicular en llamas del centro de investigación y desarrollo de camélidos sudamericanos- Lachocc [Universidad Nacional de Huancavelica Escuela Profesional de Zootecnia]. In *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*. Disponible en <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3464>
- Cutiri, R. (2019). *Finura y medulación de la fibra de alpacas Huacaya de color blanco en las C.C. de Llullucha, Palcca y Accocunca Ocongate – Quispicanchi*. Universidad Nacional de San Antonio Abad de Cusco Facultad de Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Zootecnia.
- Escobar, M., & Esteban, L. (2009). *Relación entre el índice folicular y diámetro de fibra en alpacas Huacaya color blanco en el centro de investigación de camélidos sudamericanos - Lachocc de la Universidad Nacional de Huancavelica*. Escuela Académico Profesional de Zootecnia de la Universidad Nacional de Huancavelica.
- FAO [Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación], (2005).



- Situación actual de los camélidos sudamericanos en Perú. *FAO*, 1–429.
- Ferguson, M. B., McGregor, B. A., & Behrendt, R. (2012). Relationships between skin follicle characteristics and fibre properties of Suri and Huacaya alpacas and Peppin Merino sheep. *Animal Production Science*, 52(7), 442–447.
- Fleis, R. I., & Scott, D. W. (2010). The microanatomy of healthy skin from alpacas (*Vicugna pacos*). *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 22(5), 716–719.
- Florez, E. (2001). *Estudio para el manejo sostenible del pastizal en potrero para vicuñas de la comunidad campesina de Iscahuaca Apurimac*. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco-Facultad de Agronomía y Zootecnia.
- Fowler, M. E., & Bravo, P. W. (2010). Medicine and Surgery of Camelids. In *Medicine and Surgery of Camelids*. <https://doi.org/10.1002/9781118785706>
- Franco, F., San Martín H, F., Ara G, M., Olazabal, L., & Carcelén C, F. (2012). Efecto del nivel alimenticio sobre el rendimiento y calidad de fibra en alpacas. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 20(2), 187–195.
- Frank, E. (2007). Introducción a la Industrialización de la lana y fibras especiales. *La Tribuna Odontologica*, 58(1), 26-28 passim.
- Frank, E. (2008). Camélidos Sudamericanos. Producción de fibra, bases físicas y genéticas. *Revista Argentina de Produccion Animal*.
- Frank, E., Hick, & M. (2017). *Comercialización de fibras de camélidos sudamericanos*. 5, 1–21.
- Frank, E. N. (2011). *Producción de fibra en camélidos sudamericanos . Avances en su procesamiento y mejoramiento genético*. 19, 16–19.
- Frank, E. N., Hick, M. V. H., & Adot, O. G. (2011). Descriptive differential attributes of type of fleeces in llama fibre and its textile consequence. Part 2: Consequences of the dehairing process. *Journal of the Textile Institute*, 102(1), 41–49.
- Frank, E. N., Hick, M. V. H., Castillo, M. F., Prieto, A., & Adot, O. G. (2014). Fibre-based components determining handle/skin comfort in fabrics made from dehaired and non dehaired llama fibre. *International Journal of Applied Science and Technology*, 4(3), 51–66.
- Frank, E., Prieto, A., Castillo, M., Seghetti, D., Mamani-Cato, R., & Hick, M. (2021). The Prickle Effect Comes From Fabrics Made of South American Camelid (Alpaca and Lama) Fibers. Mechanical and/or Genetic Solutions. A review. *Advances in Image and Video Processing*, 9(3), 46–57.
- Garnsworthy, K., Gully, R., Kenins, P., Mayfields, R., Westernman, & R. (1988).



- Identification of the physical stimulus and the neural basis of fabric-evoked prickle. *Journal of Neurophysiology*, 59, 1083–1097.
- He, Y., Luo, Y., Cheng, L., Wang, J., Liu, X., Shao, B., & Cui, Y. (2015). Determination of Secondary Follicle Characteristics, Density, Activity, and Hoxc13 Expression Pattern of Hexi Cashmere Goats Breed. *Anatomical Record*, 298(10), 1796–1803.
- Henderson, M., & Sabine, J. R. (1991). Seasonal variation in the mitotic activity of secondary fibre follicles in adult cashmere goats. *Small Ruminant Research*, 6(4), 329–345. [https://doi.org/10.1016/0921-4488\(91\)90141-C](https://doi.org/10.1016/0921-4488(91)90141-C)
- Hernández, R, Fernández, C, Baptista, & L. (2003). *Metodología de la Investigación* (3ra edición Editorial Me Graw Hill - México. (ed.).
- Hick, M. V. H., Frank, E. N., Prieto, A., & Castillo, M. F. (2014). *Etnozootecnia de poblaciones de Llamas (Lama glama) productoras de fibra de la provincia de Jujuy, Argentina*. 22(1/2 OP-Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal. ene-jun2014, Vol. 22 Issue 1/2, p1-8. 8p.), 1.
- Hoffman, E., & Fowler, M. (1995). *The Alpaca Book*. Clay Press Inc., Herald.
- Holt, C. (2006). *A survey of the relationships of crimp frequency, micron, character & fibre curvature*. January.
- Huanca, T., Apaza, N., & Lazo, A. (2007). Evaluación del diámetro de fibra en alpacas de las comunidades de los distritos de Cojata y Santa Rosa–Puno. *Arch. Latinoamer. Prod ...*, 1–8. [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_de\\_camelidos/Alpacas/142-HUANCA-Diametro.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_de_camelidos/Alpacas/142-HUANCA-Diametro.pdf)
- Krause, K., & Foitzik, K. (2006). Biology of the hair follicle: the basics. *Semin Cutan Med Surg*. <https://doi.org/10.1016/j.sder.2006.01.002>
- Laime, F. de M., Huamaní, R., Ocsa, V., Machaca, V., & Quispe, E. C. (2016). Características tecnológicas de la fibra de llama (Lama glama) Ch'aku antes y después de descender. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 27(2), 209–217.
- López, J. (2022). *Características textiles de la fibra de alpaca Huacaya de color a la primera esquila en dos comunidades del distrito de Cojata – Huancané - región Puno*. Universidad Nacional del Altiplano Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, para optar el Título profesional.
- Lupton, C. J., McColl, A., & Stobart, R. H. (2006). Fiber characteristics of the Huacaya Alpaca. *Small Ruminant Research*, 64(3), 211–224.
- Lusky, T., Valbonisi, A., Rodriguez, T, Ayala, C., Weimin, L., & Antonini, M. (2006).



*Camélidos sudamericanos domésticos: Estructura folicular de la piel en llamas bolivianas (Centro de).*

- Machaca Machaca, V., Bustinza Choque, A. V., Corredor Arizapana, F. A., Paucara Ocsa, V., Quispe Peña, E. E., & Machaca Machaca, R. (2017). Características de la Fibra de Alpaca Huacaya de Cotaruse, Apurímac, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Peru*, 28(4), 843–851.
- Machaca, R. (2010). *Determinación de las características físicas de la fibra y pelo de las llamas K'ara y Ch'aku en la puna húmeda de la región Puno*. Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, para optar el Título profesional.
- Mamani, & W. (2013). *Diámetro de fibra, pelos y porcentaje de pelos en llamas Q'ara y Ch'aku del CIP La Raya UNA-Puno*. Universidad Nacional del Altiplano Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, para optar el Título profesional.
- Mancilla, W. (2017). *Características textiles de la fibra de Llamas (Lama glama) Q'ara y Ch'aku en el CIP La Raya UNA– Puno* [Universidad Nacional del Altiplano Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, para optar el Título profesional].
- Mansilla, A. (1988). *Características físicas de la fibra de llama, tipo Ch'uco y Q'ara del centro experimental La Raya*. Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, para optar el Título profesional.
- Manso, C. (2011). Determinación de la calidad de fibra de alpaca en Huancavelica, Perú: Validación de los métodos de muestreo y valoración. *Caracterización Físico-Química de La Carne de Toro de Lidia*. <https://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/4405/577647.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Maquera, F. (1991). *Caracterización y persistencia fenotípica en llamas Q'aras y Lanudas del Centro Experimental La Raya-Puno*. Universidad Nacional Agraria La Molina Escuela de Post Grado Maestría en Producción Animal.
- McGregor. (1995). Desarrollo del vellón de alpaca y métodos para evaluar la calidad de la fibra. *Actas Conferencia Internacional de La Industria de La Alpaca, Geelong (Asociación Australiana de Alpaca: Bosque Colina Victoria, 55–78*.
- McGregor, B. A. (2006). Production, attributes and relative value of alpaca fleeces in southern Australia and implications for industry development. *Small Ruminant Research*. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.07.001>
- McGregor, B. A. (2020). Development and growth of mohair fleeces from birth and relationships between skin follicle populations, mohair physical properties, animal



- size and fleece value. *Small Ruminant Research*, 189, 106142.  
<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106142>
- Mendoza, G. (2014). Suplementación con un complejo aminoacídico sobre la longitud de mecha, diámetro de fibra, peso de vellón y densidad folicular en alpacas Huacaya [Universidad Nacional del Centro del Perú Facultad de Zootecnia para optar el Título de Ingeniero Zootecnista]. In *Universidad Nacional Del Centro Del Centro De Posgrado*. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/5992>
- MINAGRI. [Ministerio de Agricultura y Riego] (2017). Anuario Estadístico “Producción Pecuaria y Avícola 2017.” In *Ministerio de Agricultura y Riego - El Peru Primero*. (p. 154). [http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/anuario-produccion-pecuaria-2017-261118\\_0.pdf](http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/anuario-produccion-pecuaria-2017-261118_0.pdf)
- MINAGRI. [Ministerio de Agricultura y Riego] (2019). Producción Ganadera y Avícola. *MINAGRI-Ministerio de Agricultura e Irrigación*, 160.  
<http://siea.minagri.gob.pe/siea/?q=publicaciones/anuario-de-produccion-pecuaria%0Ahttp://siea.minagri.gob.pe/siea/?q=publicaciones/anuario-de-produccion-agricola%0Ahttp://siea.minagri.gob.pe/siea/?q=actividades-estadisticas-del-sistema/agricola>
- Molina, G., Teich, I., Antonini, M., Renieri, C., La Terza, A., & Balzarini, M. (2016). Spatial structure of skin follicles in Suri and Huacaya alpacas. *Small Ruminant Research*, 140(0921-4488,), 22–26.  
<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.05.012>
- Naylor, G, Hansford, & K. (1999). Fibre End Diameter Properties in Processed top Relative to the Staple for Wool Grown in a Mediterranean Climate and Shorn in Different Seasons. *Wool Tech. Sheep Breeding*, 42(2):(107-117.).
- Naylor, R., & Phillips, G. (1995). Skin Comfort of Wool Fabrics. *Actas Del 9th International Wool Textile Research Conference*, 2, 203–209.
- Oruna Guevara, E. J. (2016). Caracterización histológica de la piel en crías de alpacas (Vicugna pacos) del centro de investigación y desarrollo de Camélidos Sudamericanos – Lachocc. *Tesis Para Optar El Titulo de Ing. Zootecnia.*, 1–45.
- Pallotti, S., Pacheco, C., Valbonesi, A., & Antonini, M. (2020). A comparison of quality of the fleece and follicular activity between sheared and non-sheared yearling alpacas (Vicugna pacos). *Small Ruminant Research*, 192(September), 106243.
- Pariona, J. (2014). Correlación fenotípica entre características productivas y textiles en vellones categorizados de alpacas Huacaya (Vicugna pacos) en la cooperativa



- comunal San Pedro de Racco – Pasco 2013 [Universidad Nacional del Centro del Perú Facultad de Zootecnia]. In *Universidad Nacional del Centro del Perú - Facultad de Zootecnia*.
- [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358013/ContenidoEnLinea/leccin\\_28\\_metodos\\_fisico\\_qumicos.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358013/ContenidoEnLinea/leccin_28_metodos_fisico_qumicos.html)
- Paucar Cahuna, G. (2021). *Características textiles de la fibra de llama Q'ara (Lama glama) antes y después de descordado en CIP -Quimsachata del INIA – Puno*.  
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/15655>
- Paucar Chanca, R. (2020). *Caracterización estructural, zoométrica, productiva y genética de la población de llamas de la región de Huancavelica del Perú*.  
<https://www.tdx.cat/handle/10803/671382#page=1>.
- Paucar, Y., & Sedano, E. (2014). Correlación entre índice folicular, peso de vellón y diámetro de fibra en alpacas de raza Huacaya de color blanco. In *Helvetica physiologica et pharmacologica acta*. Escuela Académico Profesional de Zootecnia - Universidad Nacional de Huancavelica Tesis para optar título de Ingeniero Zootecnista.
- Paucar, Y., Paucar, R., Ventura, C., Ticlla, I., Espinoza, M., Sedano, E., Molleapaza, R. (2013). *Correlación entre índice folicular, peso de vellón sucio y media de diámetro de fibra en alpacas (Vicugna pacos) en Huancavelica*. XXX, 1–5.
- Pavez, H, Fuentes, R, Raggi, L, Parraguez, & V. (2012). Homogeneidad del vellón de alpaca de la región de Arica y Parinacota, Chile VI Congreso mundial de Camélidos Sudaamericanos Arica Chile. *Congreso Mundial de Camelidos Sudamericanos*.
- Pinares, R., Chipa, L., Paúcar, R., & Quispe, E. (2014). *Estudio de la diferencia post y pre descordado de cinco características textiles de la fibra de llama (Lama glama) Chaku*. 1, 69–77.
- Poma, G. (2018). *Evaluación de Las características físicas de la fibra de Llama (Lama glama) a la primera esquila en la mancomunidad de Municipios Aymaras sin fronteras para su procesamiento en la industria textil* [Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Agronomía Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia].  
<http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/20528>.
- Quispe-Ccasa, H., Lloccallasi, N., Choquepuma, W., Huanca, N., Cayo-Colca, I., Saucedo U., J., Ampuero, E., & Cucho, H. (2020). Evaluación objetiva de características de finura y resistencia en vellones de llama (Lama glama) Ch'aku. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(2), e17823.



- Quispe-Peña, E. C., Poma-Gutiérrez, A. G., McGregor, B. A., & Bartolomé-Filella, J. (2014). Effect of genotype and sex on fiber growth rate of alpacas for their first year of fleece production. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 46(1), 151–155.
- Quispe, Chipa, & Pinares. (2015). Análisis económico y de la producción del descordado manual de la fibra de llamas (*Lama glama*) Chaku. *Archivos de Zootecnia*, 64(246), 191–198.
- Quispe Coaquira, J. E., Paca, P. C., Viveros, W. Y., Mamani, H. V., Zúñiga, E. A., & Quispe Roque, D. M. (2021). Textile attributes of the fibre of Huacaya white and coloured alpacas (*Vicugna pacos*) from the livestock fair of south Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Peru*, 32(4), 1–13.
- Quispe, E., Poma, G., & Purroy, A. (2013). Características productivas y textiles de la fibra de alpacas de raza Huacaya. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 7(1), 1–29.
- Quispe, E., & Quispe, M. (2019). Método no invasivo para determinar densidad y haces de fibras en piel de animales vivos. *Archivos de Zootecnia*, 68(261), 74–81.
- Quispe, E., Rodríguez, T., Iñiguez, L., & Mueller, J. (2009). Producción de fibra de alpaca, llama, vicuña y guanaco en Sudamérica. *Animal Genetic Resources Information*, 45, 1–14.
- Radzik-Rant, A., & Wiercińska, K. (2021). Analysis of the wool thickness and medullation characteristics based on sex and color in a herd of alpacas in Poland. *Archives Animal Breeding*, 64(1), 157–165.
- Radzik- rant, A., Wielechowska, M., & Rant, W. (2021). Variation in wool characteristics across the body in a herd of alpacas kept in Poland. *Animals*, 11(10).
- Ramos, V., Olivera, L, Mamani, & R. (2018). Parámetros foliculares de tres regiones corporales y su relación con características de la fibra de alpaca (*Vicugna pacos*). *Revista de Investigaciones de La Escuela de Posgrado*, 7(051), 774–788.
- Renieri, C, Frank, E, Macias, & J. (2008). El concepto de raza en zootecnia y su aplicación a la llama y la alpaca. *Souht American Camelids Research*, II.  
<https://docplayer.es/87015341-South-american-camelids-research.html>
- Robles, M., Sá, De, T., Freitas, A. Z. De, Dias, N., Júnior, V., Aparecida, C., Oliveira, S. De, Kaneko, T. M., & Baby, A. R. (2021). Hair fiber characteristics and methods to evaluate hair physical and mechanical properties. *PCEP Book 3: Neonatal Care*, 45.
- Roque Gonzales, L., & Ormachea Valdez, E. (2018). Productive and textile characteristics of fibre in Huacaya alpacas from Puno, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias*



*del Peru*, 29(4), 1325–1334.

Ruiz de Castilla, M. (2006). *Domesticación y persistencia de los camélidos en los andes de Instituto Nacional de Cultura-Cusco*.

Sacchero, D., Maurino, J., & Saez, A. (2017). *Producción y transformación de fibra de llamas en Patagonia*. Disponible en [http://lareferencia.info/vufind/Record/AR\\_f097c98b5f6638d8348494c220b0aa77](http://lareferencia.info/vufind/Record/AR_f097c98b5f6638d8348494c220b0aa77)

Sacchero, D., & Sáenz, A. (2017). Producción de fibra en llamas de la provincia de Río Negro. *Comunicación Técnica PA*, 680, 8.

Seghetti, D., Adot, O, Von, & C. (2008). Tecnología de descerchado AM-2 en el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (Parque Tecnológico Miguelete. partido de San Martín, provincia e Buenos Aires). *South American Camelids Research.*, II, 61–64.

Shimada, M., & Shimada, I. (1985). Prehistoric llama breeding on the North Coast of Perú. *American Antiquity*, 50:3-26.

Sierra, J. (2014). *Características físicas de la fibra de llamas Chaku y Q'arade la SAIS Pachacutec S.A.C.* [Universidad Nacional del Centro del Peru].

<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1836>

Siguayro, R. (2009). *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* (Issue 511) [Universidad Nacional Agraria la Molina Escuela de Post Grado Maestría en Producción Animal].

Siguayro, R., & Aliaga, G. (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. *Sitio Argentino de Producción Animal*, 2, 1–12. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)

Sosa, C. (2006). Determinación de receptores para prolactina en células epiteliales de folículos pilosos primarios y secundarios de piel de alpaca ( Lama pacos ) mediante inmunohistoquímica [Universidad Nacional Mayor de San Marcos Facultad de Medicina Veterinaria]. In *Tesis de pregrado*.

Stemmer, A., Valle Zárate, A., Nuernberg, M., Delgado, J., Wurzinger, M., & Soelkner, M. (2005). *La Llama de Ayopaya:*

Sumari, R. (1986). *Densidad y maduración del folículo piloso densidad y diámetro de fibra en Llamas variedad tapada*. Universidad Nacional del Altiplano FacUniversidad Nacional del Altiplano Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, para optar el Título profesional 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. *Artículo*, 1–5.
- 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. In *Tesis*. Universidad Nacional del Altiplano - Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnista Tesis para optar el título de Médico Veterinario y Zootecnista.
- Velarde, O. (2021). *Características textiles de la fibra de alpacas Huacaya y Suri en el sector Alto Anansaya puna, Nuñoa, Melgar, Puno* [Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, para optar el Título profesional].
- Vilca Mamani, 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 Tesis para optar el Título de Médico Veterinario y Zootecnista.
- Villarroel, J. (1963). Un estudio de la fibra de alpaca. In Universidad Nacional Agraria La Molina (Ed.), *Anales Científicos* (pp. 1:246–274).
- Wang, X., Wang, L., & Liu, X. (2003). The Quality and Processing Performance of Alpaca Fibres: A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. *The Rural Industries Research and Development Corporation, 03*, 1–119.
- Wheeler, J. (1991). *Origen, evolución y status actual*. In S Fernandez-Baca (Ed) Avances y perspectivas del conocimiento de los camélidos sudamericanos, Santiago FAO 11-48.
- Wheeler, J, Russel, A, Redden, & H. (1995). Llamas y alpacas: raza anteriores a la conquista e híbridos posteriores a la conquista. *Revista de Ciencias Arqueológicas, 22*, 833–840.
- Wuliji, T., Davis, G., Dodds, K., Turner, R., & Andrews, R. (2000). Production, Performance, Repeatability Estimates for Live Weight and Fibre Characteristics of Alpacas in New Zealand. *Small Ruminant Res. 37:189-201.1*, 37, 189-201.1.
- Wuliji, T., Litherland, A., Goetsch, A., Sahlu, T., Puchala, R., Dawson, L., & Gipson, T. (2006). Evaluation of melatonin and bromocryptine administration in Spanish goats: III. Effects on hair follicle activity, density and relationships between follicle characteristics,. *Small Ruminant Research, 66*(1–3), 11–2

## ANEXOS



Anexo 1. Toma de muestras de fibras en llamas



Anexo 2. Biopsia en el animal



Anexo 3. Muestra de fibra sin descerdar y descerdada



Anexo 4. Pelos y fibras



Anexo 5. Equipo OFDA 2000 UNSAAC



Anexo 6. Muestras de biopsia de la piel de llamas



Anexo 7. Tacos de Leukart



Anexo 8. Proceso de coloración

### Modelo para el efecto del descerchado en las razas

**Anexo 9.** Análisis de varianza del modelo: DMF= raza × grupo etario × región corporal × tipo de fibra e interacciones

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(≥ F)	Signif
Raza (RA)	1	9.989	9.989	2.08E+06	≤ 2e-16	***
Grupo etario (GE)	3	0.002	0.001	1.27E+02	≤ 2e-16	***
Región corporal (RC)	2	0	0	2.58E-01	0.773	
<b>Tipo de fibra (TF)</b>	1	0	0	5.91E+01	3.94E-14	***
RA:GE	3	0.001	0	6.89E+01	≤ 2e-16	***
RA:RC	2	0	0	2.13E-01	0.808	
GE:RC	6	0	0	7.73E-01	0.591	
RA:TF	1	0	0	2.47E+01	7.92E-07	***
GE:TF	3	0	0	1.96E-01	0.899	
RC:TF	2	0	0	2.70E-02	0.973	
RA:GE:RC	6	0	0	9.46E-01	0.461	
RA:GE:TF	3	0	0	2.40E-01	0.868	
RA:RC:TF	2	0	0	1.10E-02	0.989	
GE:RC:TF	6	0	0	3.00E-02	1	
RA:GE:RC:TF	6	0	0	3.90E-02	1	
Residuals	912	0.004	0			

**Anexo 10.** Análisis de varianza del modelo: CVDMF = raza × grupo etario × región corporal × tipo de fibra e interacciones.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(≥ F)	Signif
Raza (RA)	1	0.0009	0.00089	2.145	0.1434	
Grupo etario (GE)	3	0.0179	0.00595	14.32	4.02E-09	***
Región corporal (RC)	2	0.0148	0.00742	17.864	2.46E-08	***
<b>Tipo de fibra (TF)</b>	<b>1</b>	<b>0.3101</b>	<b>0.31009</b>	<b>746.216</b>	<b>≤ 2.00E-16</b>	<b>***</b>
RA:GE	3	0.0318	0.01059	25.488	7.78E-16	***
RA:RC	2	0.0005	0.00023	0.55	0.5769	
GE:RC	6	0.0067	0.00111	2.679	0.0139	*
RA:TF	1	0	0.00004	0.092	0.7616	
GE:TF	3	0.0015	0.0005	1.197	0.3097	
RC:TF	2	0.0021	0.00103	2.467	0.0854	.
RA:GE:RC	6	0.003	0.00049	1.188	0.3101	
RA:GE:TF	3	0.002	0.00066	1.589	0.1905	
RA:RC:TF	2	0.0005	0.00023	0.556	0.5737	
GE:RC:TF	6	0.0017	0.00029	0.694	0.6548	
RA:GE:RC:TF	6	0.0007	0.00011	0.272	0.9499	
Residuals	907	0.3769	0.00042			

**Anexo 11.** Análisis de varianza del modelo: CRV = raza × grupo etario × región corporal × tipo de fibra e interacciones

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(≥ F)	Signif.
Raza (RA)	1	1.365	1.3647	297.972	≤ 2.00E-16	***
Grupo etario (GE)	3	0.624	0.2082	45.447	≤ 2.00E-16	***
Región corporal (RC)	2	0.01	0.0051	1.105	0.3318	
Tipo de fibra (TF)	1	0.176	0.176	38.417	8.77E-10	***
RA:GE	3	0.556	0.1854	40.469	≤ 2.00E-16	***
RA:RC	2	0.021	0.0103	2.255	0.1055	
GE:RC	6	0.032	0.0054	1.181	0.3143	
RA:TF	1	0.017	0.0167	3.651	0.0546	*
GE:TF	3	0.005	0.0015	0.335	0.8003	
RC:TF	2	0.001	0.0005	0.112	0.8942	
RA:GE:RC	6	0.042	0.0071	1.544	0.1608	
RA:GE:TF	3	0.039	0.0129	2.816	0.0382	*
RA:RC:TF	2	0.001	0.0006	0.133	0.8752	
GE:RC:TF	6	0.005	0.0008	0.165	0.9858	
RA:GE:RC:TF	6	0.004	0.0006	0.128	0.9928	
Residuals	881	4.035	0.0046			

**Anexo 12.** Análisis de varianza del modelo: CFt = raza × grupo etario × región corporal × tipo de fibra e interacciones.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(≥ F)	Signif
Raza (RA)	1	3.595	3.595	321.063	≤ 2.00E-16	***
Grupo etario (GE)	3	2.143	0.714	63.784	≤ 2.00E-16	***
Región corporal (RC)	2	0.003	0.002	0.137	0.872	
Tipo de fibra (TF)	1	1.286	1.286	114.85	≤ 2.00E-16	***
RA:GE	3	0.452	0.151	13.458	1.37E-08	***
RA:RC	2	0.008	0.004	0.368	0.6926	
GE:RC	6	0.07	0.012	1.036	0.4003	
<b>RA:TF</b>	1	0.055	0.055	4.888	0.0273	*
GE:TF	3	0.03	0.01	0.903	0.4391	
RC:TF	2	0.025	0.013	1.122	0.3261	
RA:GE:RC	6	0.062	0.01	0.928	0.474	
RA:GE:TF	3	0.014	0.005	0.42	0.739	
RA:RC:TF	2	0.012	0.006	0.527	0.5903	
GE:RC:TF	6	0.041	0.007	0.617	0.7168	
RA:GE:RC:TF	6	0.023	0.004	0.343	0.9138	
Residuals	864	9.675	0.011			

**Anexo 13.** Análisis de varianza del modelo: SDt ~ raza × grupo etario × región corporal × tipo de fibra e interacciones.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(≥ F)	Signif
Raza (RA)	1	203.77	203.77	4870.565	≤ 2e-16	***
Grupo etario (GE)	3	9.64	3.21	76.808	≤ 2e-16	***
Región corporal (RC)	2	0.81	0.4	9.676	6.95E-05	***
Tipo de fibra (TF)	1	14.89	14.89	355.836	≤ 2e-16	***
RA:GE	3	2.55	0.85	20.32	9.42E-13	***
RA:RC	2	0.32	0.16	3.844	0.0218	*
GE:RC	6	0.54	0.09	2.145	0.0461	*
<b>RA:TF</b>	<b>1</b>	<b>1.88</b>	<b>1.88</b>	<b>44.853</b>	<b>3.71E-11</b>	<b>***</b>
GE:TF	3	0.02	0.01	0.167	0.9183	
RC:TF	2	0.06	0.03	0.66	0.5171	
RA:GE:RC	6	0.26	0.04	1.035	0.4007	
RA:GE:TF	3	0.04	0.01	0.326	0.8066	
RA:RC:TF	2	0.03	0.02	0.407	0.6655	
GE:RC:TF	6	0.07	0.01	0.265	0.9532	
RA:GE:RC:TF		0.02	0	0.093	0.997	
Residuals	912	38.16	0.04			

**Modelo para el efecto del descerdao dentro de la raza Ch'aku**

**DMF**

**Anexo 14.** Llamas Ch'aku sin descerdao: DMF = Grupo etario × Región

	Df	SumSq	MeanSq	F value	Pr(≥ F)	Signif
Grupo etario	3	0.0008496	2.83E-04	42.4517	≤ 2e-16	***
Región	2	0.0000002	1.01E-07	0.0152	0.9849	
Grupo etario:Región	6	0.00002022	3.37E-06	0.5052	0.8041	
Residuales	218	0.0014543	6.67E-06			

**Anexo 15.** Llamas Ch'aku descerdao: DMF = Edad × Región

	Df	SumSq	MeanSq	F value	Pr(≥ F)	Signif
Grupo etario	3	0.00070369	2.35E-04	31.3089	≤ 2e-16	***
Región	2	0.00000097	4.86E-07	0.0648	0.9372	
Grupo etario:Región	6	0.00003195	5.33E-06	0.7107	0.6413	
Residuales	214	0.00160326	7.49E-06			

## CVDMF

### Anexo 16. Llamas Ch'aku sin descerderar: $CV\_Mic = \text{Grupo etario} \times \text{Región}$

	Df	SumSq	MeanSq	F value	Pr( $\geq$ F)	Signif
Grupo etario	3	0.005858	0.0019527	7.2833	0.0001099	***
Región	2	0.00251	0.0012549	4.6805	0.0101833	*
Grupo etario:Región	6	0.002807	0.0004678	1.7449	0.1116113	
Residuals	228	0.061127	0.0002681			

### Anexo 17. Llamas Ch'aku descerdado: $CV\_Mic = \text{Grupo etario} \times \text{Región}$

	Df	SumSq	MeanSq	F value	Pr( $\geq$ F)	Signif
Grupo etario	3	0.004764	0.00158802	2.7034	0.04634	*
Región	2	0.004834	0.00241701	4.1146	0.01759	*
Grupo etario:Región	6	0.003886	0.00064768	1.1026	0.36169	
Residuals	223	0.130994	0.00058742			

## CRV

### Anexo 18. Llamas Ch'aku sin-descerderar: $CRV = \text{Grupo etario} \times \text{Región}$

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr( $\geq$ F)	Signif
Edad	3	0.257	0.085665	24.3292	1.95E-13	***
Región	2	0.00187	0.000934	0.2652	0.7673	
Grupo etario:Región	6	0.01223	0.002039	0.579	0.7468	
Residuals	197	0.69366	0.003521			

### Anexo 19. Llamas Ch'aku descerdado: $CRV = \text{Grupo etario} \times \text{Región}$

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr( $\geq$ F)	Signif
Grupo etario	3	0.26355	0.087852	20.756	9.33E-12	***
Región	2	0.00134	0.00067	0.1583	0.8537	
Grupo etario:Región	6	0.00674	0.001124	0.2655	0.9524	
Residuals	201	0.85075	0.004233			

## FC

### Anexo 20. Llamas Ch'aku sin-descerderar: $CF = \text{Grupo etario} \times \text{Región}$

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr( $\geq$ F)	Signif
Grupo etario	3	0.00372	0.0012392	0.2642	0.8512	
Región	2	0.00098	0.0004899	0.1044	0.9009	
Grupo etario:Región	6	0.01529	0.0025489	0.5434	0.7748	
Residuals	207	0.97103	0.004691			

### Anexo 21. Llamas Ch'aku descerdado: $CF = \text{Grupo etario} \times \text{Región}$

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr( $\geq$ F)	Signif
Grupo etario	3	0.13894	0.046312	4.589	0.003892	**
Región	2	0.00283	0.001417	0.1404	0.869096	
Grupo etario:Región	6	0.05342	0.008904	0.8823	0.508668	

Residuals	215	2.16975	0.010092
-----------	-----	---------	----------

## DS

### Anexo 22. Llamas Ch'aku sin-descerdar: SD = Grupo etario × Región

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(≥ F)	Signif
Grupo etario	3	0.63365	0.211215	18.2631	1.20E-10	***
Región	2	0.00868	0.004341	0.3753	0.6875	
Grupo etario:Region	6	0.04702	0.007837	0.6776	0.6679	
Residuals	226	2.61373	0.011565			

### Anexo 23. Llamas Ch'aku descerdado: SD = Grupo etario × Región

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(≥ F)	Signif
Grupo etario	3	0.6848	0.228276	11.0516	8.45E-07	***
Región	2	0.0561	0.028059	1.3584	0.2591	
Grupo etario:Region	6	0.0984	0.016404	0.7942	0.5753	
Residuals	227	4.6888	0.020655			

## Modelo para el efecto del descerdado dentro de la raza Q'ara

## DMF

### Anexo 24. Llamas Q'ara sin-descerdado: DMF = grupo etario × Región

	Df	SumSq	MeanSq F	value	Pr(≥ F)	Signif
Grupo etario	3	3.76E-05	1.25E-05	38.7392	≤ 2e-16	***
Región	2	5.23E-07	2.62E-07	0.8092	0.4465	
Edad × Región	6	1.16E-06	1.94E-07	0.5985	0.7314	
Residuals	228	7.37E-05	3.23E-07			

### Anexo 25. Llamas Q'ara descerdado: DMF = grupo etario × Región

	Df	SumSq	MeanSq	F value	Pr(≥F)	Signif
Grupo etario	3	3.57E-05	1.19E-05	27.2411	4.28E-15	***
Región	2	1.44E-06	7.20E-07	1.6481	0.1947	
Grupo etario:Región	6	2.26E-06	3.77E-07	0.8635	0.5225	
Residuals	228	9.96E-05	4.37E-07			

## CVDMF

### Anexo 26. Llamas Q'ara sin descerdar: CV Mic = Grupo etario × Región

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(≥ F)	Signif
Grupo etario	3	0.014941	0.0049802	16.8674	6.26E-10	***
Región	2	0.002044	0.0010219	3.461	0.03306	*
Grupo etario:Región	6	0.001193	0.0001989	0.6736	0.67113	
Residuals	228	0.067318	0.0002953			

**Anexo 27.** Llamas Q'ara descerdado: CV Mic = grupo etario × región

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(≥ F)	Signif
Grupo etario	3	0.025606	0.0085355	17.5813	2.71E-10	***
Región	2	0.009614	0.0048071	9.9018	7.55E-05	***
Grupo etario:Región	6	0.004837	0.0008061	1.6605	0.1318	
Residuals	226	0.109719	0.0004855			

CRV

**Anexo 28.** Llamas Q'ara sin descerdar: CRV = grupo etario × región

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(≥ F)	Signif
Grupo etario	3	0.00522	0.0017389	0.5349	0.6588	
Región	2	0.01803	0.0090171	2.7738	0.06453	.
Grupo etario: Región	6	0.01533	0.0025546	0.7858	0.58181	
Residuals	228	0.74119	0.0032509			

**Anexo 29.** Llamas Q'ara descerdado: CRV = Grupo etario × región

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(≥ F)	Signif
Grupo etario	3	0.03665	0.0122183	3.5325	0.01559	*
Región	2	0.00941	0.0047031	1.3598	0.25879	
Grupo etario:Región	6	0.02869	0.0047819	1.3825	0.2225	
Residuals	228	0.7886	0.0034588			

FC

**Anexo 30.** Llamas Q'ara sin descerdar: CF = grupo etario × región

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(≥ F)	Signif
Grupo etario	3	1.4073	0.46911	30.0668	2.31E-16	***
Región	2	0.0588	0.02942	1.8855	0.1542	
Grupo etario:Región	6	0.1571	0.02618	1.6777	0.1275	
Residuals	223	3.4793	0.0156			

**Anexo 31.** Llamas Q'ara descerdado: CF = grupo etario × región

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(≥ F)	Signif
Grupo etario	3	1.2071	0.40238	24.9657	5.46E-14	***
Región	2	0.1184	0.05919	3.6726	0.02694	*
Grupo etario:Región	6	0.1476	0.02461	1.5268	0.1703	
Residuals	226	3.6425	0.01612			

SD

**Anexo 32.** Llamas Q'ara sin descerdar: SD = grupo etario × región

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(≥ F)	Signif
Grupo etario	3	4.8673	1.62243	28.5599	1.03E-15	***
Región	2	0.2913	0.14567	2.5643	0.07919	.
Grupo etario:Región	6	0.2605	0.04342	0.7643	0.59866	
Residuals	228	12.9522	0.05681			

**Anexo 33. Llamas Q'ara descordado: SD = grupo etario × región**

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(≥ F)	Signif
Grupo etario	3	6.0199	2.00663	26.0656	1.56E-14	***
Región	2	0.8711	0.43553	5.6575	0.004	**
Grupo etario:Región	6	0.4624	0.07706	1.001	0.4255	
Residuals	228	17.5523	0.07698			

**Análisis de varianza: MDFP (Media de la densidad de folículos primarios)**

**Anexo 34. Modelo llamas (Ch'aku y Q'ara): MDFP= sexo × grupo etario × región × raza  
variable respuesta: MDFP (Media de la densidad de folículos primarios)**

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(≥ F)	Signif
Sexo	1	0.818	0.8178	7.1584	0.007817	**
Grupo etario (GE)	3	10.235	3.4117	29.8621	≤ 2.2e-16	***
Región	2	1.538	0.769	6.7307	0.001357	**
Raza	1	0.024	0.0238	0.208	0.648664	
Sexo: Grupo etario	3	0.493	0.1643	1.4379	0.231507	
Sexo:Región	2	0.596	0.2978	2.6063	0.075258	.
Grupo etario:Región	6	0.197	0.0329	0.2881	0.942457	
Sexo:Raza	1	0.164	0.1642	1.4374	0.231387	
Grupo etario:Raza	3	0.408	0.136	1.1908	0.31317	
Región:Raza	2	0.172	0.0858	0.7507	0.472796	
Sexo:GE (Edad):Región	6	0.297	0.0496	0.4339	0.856124	
Sexo:GE(Edad):Raza	3	0.109	0.0364	0.3188	0.811805	
Sexo:Región:Raza	2	0.075	0.0377	0.3302	0.719015	
GE(Edad):Región:Raza	6	0.417	0.0695	0.6083	0.723719	
Sexo:GE(Edad):Región:Raza	6	0.16	0.0267	0.2339	0.965337	
Residuals	345	39.416	0.1142			

**Anexo 35. Modelo llamas (Ch'aku): MDFP= sexo × grupo etario × región variable  
respuesta: MDFP (Media de la densidad de folículos primarios)**

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(≥ F)	Signif
Sexo	1	0.576	0.5757	2.0386	0.15515	
Grupo etario	3	14.032	4.6773	16.563	1.64E-09	***
Región	2	1.574	0.7871	2.7871	0.06435	.
Sexo: Grupo etario	3	0.563	0.1875	0.6641	0.57521	
Sexo:Región	2	1.445	0.7226	2.5588	0.08031	.
Grupo etario:Región	6	0.803	0.1338	0.474	0.82704	
Sexo: Grupo etario:Región	6	0.328	0.0546	0.1935	0.97833	
Residuals	174	49.137	0.2824			

**Anexo 36.** Modelo llamas (Q'ara): MDFP = sexo × grupo etario × región variable  
respuesta: MDFP (Media de la densidad de folículos primarios)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(≥ F)	Signif
Sexo	1	0.6415	0.64153	5.9485	0.015752	*
Grupo etario	3	4.8296	1.60987	14.9273	1.13E-08	***
Región	2	1.1116	0.55582	5.1538	0.006708	**
Sexo: Grupo etario	3	0.4523	0.15076	1.3979	0.245197	
Sexo:Región	2	0.1391	0.06954	0.6448	0.526028	
Grupo etario:Región	6	0.2563	0.04271	0.396	0.880871	
Sexo: Grupo etario:Región	6	0.3945	0.06575	0.6097	0.722367	
Residuals	171	18.4418	0.10785			

**Análisis de varianza: MDFS (Media de la densidad de folículos secundarios)**

**Anexo 37.** Modelo llamas (Ch'aku y Q'ara): MDFS= sexo × grupo etario × región × raza variable  
respuesta: MDFS (Media de la densidad de folículos secundarios)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(≥ F)	Signif
Sexo	1	2.317	2.3174	6.4124	0.011778	*
Grupo etario (GE)	3	60.304	20.1014	55.6229	≤ 0.00002	***
Región	2	4.236	2.1178	5.8601	0.003144	**
Raza	1	0.61	0.6104	1.689	0.194602	
Sexo:Grupo etario	3	1.879	0.6264	1.7333	0.15987	
Sexo:Región	2	1.018	0.5089	1.4082	0.245998	
Grupo etario:Región	6	0.425	0.0709	0.1962	0.977776	
Sexo:Raza	1	0.018	0.0184	0.051	0.8215	
Grupo etario:Raza	3	0.639	0.2131	0.5897	0.6221	
Region:Raza	2	0.239	0.1197	0.3313	0.718194	
Sexo:GE:Región	6	2.393	0.3988	1.1036	0.359744	
Sexo:GE:Raza	3	1.547	0.5156	1.4267	0.234732	
Sexo:Región:Raza	2	0.637	0.3186	0.8816	0.415047	
GE:Región:Raza	6	1.511	0.2518	0.6967	0.652447	
Sexo:GE:Región:Raza	6	1.162	0.1937	0.5359	0.780859	
Residuals	343	123.956	0.3614			

**Anexo 38.** Modelo llamas (Ch'aku): MDFS= sexo × grupo etario × región variable  
respuesta: MDFS (Media de la densidad de folículos secundarios)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(≥ F)	Signif
Sexo	1	7.96	7.96	5.4507	0.0207	*
Grupo etario	3	110.931	36.977	25.3201	1.21E-13	***
Región	2	10.915	5.458	3.7371	0.02576	*
Sexo: Grupo etario	3	8.946	2.982	2.0419	0.1098	
Sexo:Región	2	2.362	1.181	0.8086	0.44716	
Grupo etario:Región	6	4.103	0.684	0.4682	0.83122	
Sexo:Edad:Región	6	6.153	1.026	0.7022	0.64818	
Residuals	174	254.107	1.46			

**Anexo 39.** Modelo llamas (Q'ara): MDfS= sexo × grupo etario × región variable  
respuesta: MDfS (Media de la densidad de folículos secundarios)

Efectos	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(≥ F)	Signif
Sexo	1	0.0445	0.0445	0.7945	0.374	
Grupo etario	3	5.1535	1.71782	30.6734	7.26E-16	***
Región	2	0.2592	0.12959	2.314	0.102	
Sexo: Grupo etario	3	0.1974	0.0658	1.175	0.3209	
Sexo:Región	2	0.2134	0.10668	1.9049	0.152	
Grupo etario:Región	6	0.1117	0.01861	0.3323	0.9192	
Sexo:Grupo etario:Region	6	0.3157	0.05261	0.9394	0.4683	
Residuals	168	9.4086	0.056			

**Análisis de varianza: MDfO (Media de la densidad folicular)**

**Anexo 40.** Modelo llamas (Ch'aku y Q'ara): MDfO= sexo × grupo etario × región × raza  
variable respuesta: MDfO (Media de la densidad folicular)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(≥ F)	Signif
Sexo	1	2.401	2.4006	6.61	0.010562	*
Grupo etario	3	58.886	19.6286	54.0465	2.20E-16	
Region	2	4.481	2.2405	6.1691	0.002333	**
Raza	1	0.459	0.4593	1.2646	0.261569	
Sexo: Grupo etario	3	1.94	0.6466	1.7804	0.1506	
Sexo:Region	2	1.166	0.5831	1.6056	0.202268	
Grupo etario:Region	6	0.327	0.0544	0.1499	0.989007	
Sexo:Raza	1	0.001	0.0012	0.0033	0.954186	
Grupo etario:Raza	3	0.759	0.253	0.6966	0.554648	
Region:Raza	2	0.232	0.1159	0.319	0.727095	
Sexo: Grupo etario:Region	6	2.293	0.3821	1.0522	0.391257	
Sexo: Grupo etario:Raza	3	1.216	0.4053	1.116	0.342575	
Sexo:Region:Raza	2	0.566	0.2831	0.7795	0.459435	
Grupo etario:Region:Raza	6	1.505	0.2509	0.6907	0.657273	
Sexo: Grupo etario:Region:Raza	6	1.042	0.1737	0.4782	0.824497	
Residuals	343	124.571	0.3632			

**Anexo 41.** Modelo llamas (Ch'aku): MDfO= sexo × grupo etario × región variable  
respuesta: MDfO (Media de la densidad folicular)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(≥ F)	Signif
Sexo	1	6.477	6.4768	5.1339	0.02469	*
Grupo etario	3	94.01	31.3365	24.8393	2.00E-13	***
Region	2	9.255	4.6273	3.6679	0.02752	*
Sexo: Grupo etario	3	7.054	2.3514	1.8638	0.13749	
Sexo:Region	2	2.299	1.1494	0.9111	0.40398	
Grupo etario:Region	6	3.536	0.5893	0.4671	0.83202	
Sexo: Grupo etario:Region	6	4.602	0.767	0.6079	0.72376	
Residuals	174	219.513	1.2616			

**Anexo 42.** Modelo llamas (Q'ara): MDFO= sexo × grupo etario × región variable  
respuesta: MDFO (Media de la densidad folicular)

Efectos	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(≥ F)	Signif
Sexo	1	0.0995	0.09948	1.5678	0.21228	
Grupo etario	3	5.3671	1.78904	28.1956	8.37E-15	***
Región	2	0.3021	0.15103	2.3803	0.09565	.
Sexo: Grupo etario	3	0.2074	0.06914	1.0896	0.3551	
Sexo:Región	2	0.2378	0.11888	1.8736	0.15679	
Grupo etario:Region	6	0.1176	0.0196	0.3088	0.9317	
Sexo: Grupo etario:Región	6	0.3716	0.06194	0.9762	0.44307	
Residuals	167	10.5963	0.06345			

**Análisis de varianza: MIFo (Media del índice folicular)**

**Anexo 43.** Modelo llamas (Ch'aku y Q'ara): MIFo= sexo × grupo etario × región × raza  
variable respuesta: MIFo (Media del índice folicular)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(≥ F)	Signif
Sexo	1	0.0530	0.0525	0.4774	0.4900	
Grupo etario	3	8.4080	2.8028	25.4764	0.0000	***
Region	2	0.1380	0.0692	0.6290	0.5337	
Raza	1	0.5450	0.5447	4.9508	0.0267	*
Sexo: Grupo etario	3	0.0420	0.0140	0.1275	0.9437	
Sexo:Region	2	0.0460	0.0231	0.2101	0.8106	
Grupo etario:Region	6	1.1830	0.1971	1.7919	0.0999	.
Sexo:Raza	1	0.3160	0.3162	2.8743	0.0909	.
Grupo etario:Raza	3	0.0970	0.0323	0.2938	0.8299	
Region:Raza	2	0.2160	0.1082	0.9836	0.3750	
Sexo: Grupo etario:Region	6	0.4000	0.0666	0.6058	0.7257	
Sexo:Region:Raza	2	0.3400	0.1698	1.5432	0.2152	
Grupo etario:Region:Raza	6	0.3410	0.0568	0.5164	0.7959	
Sexo: Grupo etario:Region:Raza	6	0.7800	0.1300	1.1813	0.3157	
Residuals	344	37.8450	0.1100			

**Anexo 44.** Modelo llamas (Ch'aku): MIFo=sexo × grupo etario × región variable  
respuesta: MIFo (Media del índice folicular)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(≥ F)	Signif
Sexo	1	4.815	4.815	3.101	0.080	.
Grupo etario	3	47.221	15.740	10.135	0.000	***
Región	2	3.575	1.788	1.151	0.319	
Sexo: Grupo etario	3	13.810	4.603	2.964	0.034	*
Sexo:Region	2	3.140	1.570	1.011	0.366	
Grupo etario:Region	6	8.571	1.429	0.920	0.482	
Sexo: Grupo etario:Region	6	10.705	1.784	1.149	0.336	
Residuals	173	268.681	1.553			

**Anexo 45.** Modelo llamas (Q'ara): MIFo= sexo × grupo etario × región variable  
respuesta: MIFo (Media del índice folicular)

Efectos	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(≥ F)	Signif
Sexo	1	0.019	0.019	1.671	0.198	
Grupo etario	3	0.577	0.192	16.833	0.000	***
Region	2	0.003	0.002	0.145	0.865	
Sexo: Grupo etario	3	0.105	0.035	3.054	0.030	*
Sexo:Region	2	0.012	0.006	0.538	0.585	
Grupo etario:Region	6	0.053	0.009	0.778	0.588	
Sexo: Grupo etario:Region	6	0.033	0.006	0.485	0.819	
Residuals	168	1.920	0.011			

Análisis de varianza para efectos del modelo general

**Anexo 46.** Efectos de las densidades foliculares MDFP (media de la densidad de folículos primarios, MDFS (media de la densidad de folículos secundarios), MDFo (Media de la densidad folicular) y MIFo (media de la densidad del índice folicular) de la piel de llamas Ch'aku y Q'ara por sexo (S), grupo etario (GE), región corporal (RC), raza (RA) e interacción.

Efectos	MDFP			MDFS			MDFo			MIFo		
	Df	F	Signif									
S	1	7.16	**	1	6.41	*	1	6.61	*	1	0.48	
GE	3	29.86	***	3	55.62	***	3	54.05		3	25.48	***
RC	2	6.73	**	2	5.86	**	2	6.17	**	2	0.63	
RA	1	0.21		1	1.69		1	1.26		1	4.95	*
S:GE	3	1.44		3	1.73		3	1.78		3	0.13	
S:RC	2	2.61	.	2	1.41		2	1.61		2	0.21	
GE:RC	6	0.29		6	0.20		6	0.15		6	1.79	.
S: RA	1	1.44		1	0.05		1	0.00		1	2.87	.
GE: RA	3	1.19		3	0.59		3	0.70		3	0.29	
RC: RA	2	0.75		2	0.33		2	0.32		2	0.98	
S:GER	6	0.43		6	1.10		6	1.05		6	0.61	
S:GE: RA	3	0.32		3	1.43		3	1.12		3	6.22	***
S:RC: RA	2	0.33		2	0.88		2	0.78		2	1.54	
GE:RC: RA	6	0.61		6	0.70		6	0.69		6	0.52	
S:GE:RC: RA	6	0.23		6	0.54		6	0.48		6	1.18	
Residuals	345			343			343			344		