

## Variación en el diámetro de fibra por efecto de la medulación en vellones finos de alpacas Huacaya de tres grupos etarios

### Variation in fibre diameter due to the effect of medullation in fine fleeces of Huacaya alpacas of three age groups

Ana Luz Guillén P.<sup>1,2</sup>, Víctor Leyva V.<sup>1</sup>

#### RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la medulación y la edad en la variación del diámetro de las fibras de vellón fino. Se evaluaron 24 703 fibras obtenidas del flanco de 186 alpacas Huacaya hembra, color blanco, de 1.5-2 años (dos dientes), 3-4 años (cuatro dientes) y más de 4 años (boca llena). Se categorizó las fibras según su diámetro como extrafinas, finas, media finas y gruesas, y según la medulación como médula completa, partida y sin médula. El diámetro promedio de las fibras dentro de cada categoría y tipo de medulación fue similar entre los grupos etarios. El efecto simple entre las categorías de las fibras y los tipos de medulación resultó en una dependencia significativa ( $p < 0.01$ ), donde el diámetro de la fibra incrementa por la presencia de médula (partida y completa) y disminuye en su ausencia. Se concluye que la medulación causa variación en el diámetro de las fibras, y la presencia de fibras con médulas partidas es el paso intermedio en la disminución del diámetro y frecuencia de fibras meduladas. Por otro lado, la ausencia del efecto edad asociado al efecto medioambiental del número de esquilas en las alpacas de mayor edad sugiere la expresión de un potencial genético que podría ser usado en programas de mejora genética.

**Palabras clave:** alpaca, diámetro, medulación, edad

#### ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of the medullation and age on the variation of the diameter of fine fleece fibres. In total, 24 703 fibres were obtained from the flank of 186 female Huacaya alpacas, white colour, 1.5-2 years old (two teeth), 3-4 years

<sup>1</sup> Departamento de Producción Animal, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

<sup>2</sup> E-mail: aguillenpenadillo@gmail.com

Recibido: 10 de agosto de 2019

Aceptado para publicación: 31 de agosto de 2020

Publicado: 25 de noviembre de 2020

old (four teeth) and more than 4 years old (full mouth) were evaluated. The fibres were categorized according to their diameter as extra-fine, fine, medium-fine and thick, and according to the medulla as complete, split and without medulla. The average diameter of the fibres within each category and type of medulla was similar between the different age groups. The simple effect between the categories of the fibres and the types of medullation resulted in a significant dependence ( $p < 0.01$ ), where the diameter of the fibre increases due to the presence of medullation (split and complete) and decreases in its absence. It is concluded that medullation causes variation in the diameter of the fibres, and the presence of fibres with split medullation is the intermediate step in decreasing the diameter and frequency of medullated fibres. On the other hand, the absence of the effect of age associated with the environmental effect of the number of shearing in the oldest alpacas suggests the expression of a genetic potential that could be used in genetic improvement programs.

**Key words:** alpaca, fibre, medullation, diameter, age

## INTRODUCCIÓN

La producción de alpacas en el Perú representa el 80% de la producción total a nivel mundial. En el 2017, la producción de fibra fue alrededor de las 4501 t, exportándose más del 60% de la fibra industrializada como como tops y prendas (MINAGRI, 2017). El 10% de los productores de fibra son medianos productores, 5% corresponde a empresas campesinas y el 85% se encuentra en manos de pequeños productores con bajos índices de productividad (Infoalpaca, 2013). La fibra de alpaca se encuentra al nivel de fibras de alta valoración como la Cashemire, Mohair, la de Yak y Musk Ox (Wang *et al.*, 2003).

El diámetro de fibra de la alpaca se encuentra influenciado por factores externos como la nutrición, época del año, tipo de esquila y medio ambiente e internos como edad, sexo, raza, estrés y estado fisiológico del animal (Solis, 1991; Quispe *et al.*, 2009). Es menor en animales de un año (primera esquila) y se va incrementando con la edad (Bustinza, 2001), en tanto que los machos poseen un mayor diámetro de fibra que las hembras (Wuliji *et al.*, 2000), aunque en muchos casos con pequeñas diferencias (Bustinza, 2001).

El diámetro de fibra ( $\mu\text{m}$ ) se considera como la finura de la fibra y representa una de las características más valiosas para su apreciación cualitativa, siendo determinante para su clasificación (Pinazo, 2000; Quispe *et al.*, 2013); sin embargo, su evaluación resulta un problema a causa de su costo y acceso a los métodos existentes (Quispe *et al.*, 2018), principalmente para los pequeños productores. La fibra de alpaca, en el corte transversal, presenta tres capas más o menos concéntricas: cutícula, corteza y médula (Bustinza, 2001). La superficie de la fibra en la raza Suri es más suave, mientras que en la raza Huacaya es más áspera (Villaroel, 1991). La corteza aumenta su proporción relativa a medida que el diámetro disminuye. Hay fibras que solo presentan cutícula y corteza, donde las células corticales constituyen más del 90% del total de la fibra, lo cual es característica de las fibras finas (Chávez, 1991; Villaroel, 1991). Por el contrario, en las fibras gruesas se llega a distinguir la cutícula, la corteza y la médula; siendo la corteza menos del 50% del total (Chávez, 1991; Villaroel, 1991).

Las fibras individuales, según la médula, se clasifican en fuertes, continuas, fragmentada, interrumpidas y sin médula. En la observación longitudinal no se observa mé-

Cuadro 1. Distribución de las muestras de vellón de alpacas Huacaya, según la edad y área de muestreo

Localidad	Edad			Total
	1-5-2 años (2 dientes)	3-4 años (4 dientes)	>4 años (boca llena)	
Ocongate	22	12	25	59
Macusani	38	30	59	127
Total	60	42	84	186

dula en las fibras finas, en las fibras de grosor intermedio la médula puede ser interrumpida o delgada y en las fibras más gruesas es completa y de tipo «enrejado». En la observación transversal, la médula aparece como una demarcación central oscura de formas variadas (Villaruel, 1963; Bustinza, 2001; Pinares *et al.*, 2018). La forma y distribución de la médula afecta las características del producto, especialmente en el teñido (Rodríguez, 2007).

Existen fibras de diferentes diámetros en el vellón de la alpaca, y eso está en relación con la calidad genética y la parte del cuerpo del animal. Las fibras más finas se encuentran en los vellones del lomo, espalda, grupa, costillar y nalgas, fibras de medida corta en la barriga, patas, cola y pecho y de mayor grosor en los vellones del bajo vientre y bragas (Lencinas y Torres, 2010).

Debido al alto valor social, económico, cultural e incremento del interés en el mercado exterior por la fibra de alpaca, las organizaciones estatales y privadas han implementado programas de mejoramiento genético para mejorar la calidad de la fibra de alpaca. Sin embargo, uno de los problemas que se observa es el desconocimiento de la transmisión genética de los padres a sus crías. Por esta razón, se requiere de técnicas de manejo en la selección y en los cruzamientos de

los reproductores con potencial genético en las características que se requieran mejorar (Leyva *et al.*, 2015).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Muestras

Las fibras de vellón fino de alpacas Huacaya hembra, de color blanco, fueron obtenidos de poblaciones de 3800 y 4000 alpacas de comunidades de los distritos de Macusani, departamento de Puno, y del distrito de Ocongate, departamento de Cusco, Perú, respectivamente, como parte de un proyecto sobre mejoramiento de la producción de alpacas. Estas zonas alpaqueras se ubican entre los 4300 y 5000 msnm. Las muestras procedieron de alpacas de 1.5-2 años (dos dientes), 3-4 años (cuatro dientes) y más de 4 años (boca llena), y se colectaron y evaluaron entre los meses de mayo y junio de 2013 (Cuadro 1). Las muestras de fibra para el presente estudio se obtuvieron de alpacas categorizadas como de vellón fino (INDECOPI, 2014).

La calidad de vellón fue evaluada de forma subjetiva por técnicos capacitados a fin de reducir la variabilidad entre y dentro de evaluadores. Las muestras de fibra fueron extraídas del flanco derecho de la alpa-

Cuadro 2. Diseño experimental con el número de fibras por el tipo de medulación<sup>1</sup>, categoría<sup>2</sup> de la fibra y edad<sup>3</sup> de la alpaca

Edad	Total de fibras	EF ( $\leq 20.49 \mu\text{m}$ )			F (20.5-22.99 $\mu\text{m}$ )			MF (23-24.99 $\mu\text{m}$ )			G ( $\geq 25 \mu\text{m}$ )		
		SM	MP	MC	SM	MP	MC	SM	MP	MC	SM	MP	MC
2D	8047	3752	1372	52	228	651	62	114	560	89	98	651	418
4D	5609	2925	832	32	125	393	43	66	335	62	34	411	351
BLL	11047	5288	1958	50	247	838	70	123	750	114	100	984	525
Total	24703	11965	4162	134	600	1882	175	303	1645	265	232	2046	1294

<sup>1</sup> SM= sin médula, MP= médula partida, MC= médula completa

<sup>2</sup> EF= extrafino, F= fino, MF= medio fino, G= grueso

<sup>3</sup> 2D= dos dientes, 4D= cuatro dientes, BLL= boca llena

ca, tomando como puntos de referencia las últimas costillas, a 10 cm debajo de la columna vertebral (zona del costillar medio), que presenta la mayor uniformidad en el diámetro de fibra (Villarreal, 1963). Se obtuvo las muestras del vellón con una tijera cortando a nivel de piel y conservadas en bolsas de papel Kraft identificadas con la fecha de colección, clasificación de calidad, edad de la alpaca y procedencia. Las muestras fueron conservadas en un ambiente acondicionado hasta su procesamiento.

### Fibras Seleccionadas

Se seleccionaron al azar 186 muestras de vellón de igual número de alpacas categorizadas como finas. Se evaluaron entre 130 y 200 fibras por vellón. Se determinó el diámetro y el tipo de medulación de 24 703 fibras y según su categorización y edad se trabajó con el diseño experimental indicado en el Cuadro 2. Se determinó el tipo de fibra de acuerdo con la medulación como fibras con Médula completa (MC), Médula partida (médula fragmentada y médula discontinua) (MP) y Sin médula (SM). Las fibras según su diámetro fueron categorizadas como

Extrafino (EF):  $\leq 20.49 \mu\text{m}$ , Fino (F): 20.5-22.99  $\mu\text{m}$ , Medio fino (MF): 23-24.49  $\mu\text{m}$  y Grueso (G):  $\geq 25 \mu\text{m}$ . Este rango fue estricto dado que las muestras eran de alpacas seleccionadas como vellón fino, a fin de establecer su relación con el tipo de medulación (Braga y Leyva, 1996).

### Análisis de Laboratorio

Las muestras de vellón fueron evaluadas en el Laboratorio de Fibra de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. Se usó fibra limpia obtenida de cada muestra de vellón inicial y la técnica de proyección microscópica, de acuerdo con las normas descritas por la International Wool Textile Organization para lanas y otras fibras de origen animal (IWTO, 1997). Las muestras fueron lavadas tres veces con una combinación de detergente y bicarbonato de sodio en agua a 50-60 °C. Luego fueron colocadas en estufa a 70 °C por 24 h. Las muestras limpias y secas fueron acondicionadas en campanas de desecación conteniendo sílica gel por 24 h en un ambiente a 20-23 °C y humedad relativa de 62-67%.

Cuadro 3. Promedio de diámetro de fibra de alpacas Huacaya de acuerdo con la edad y la categoría del diámetro de fibra

Edad <sup>3</sup>	Animales (n)	Fibras (n)	Categoría por diámetro de fibra (promedio $\pm$ DE, en $\mu\text{m}$ )				Promedio total (PT, $\mu\text{m}$ )
			EF <sup>4</sup> ( $\leq 20.49$ )	F (20.5-22.99) <sup>1</sup>	MF (23-24.99) <sup>2</sup>	G ( $\geq 25$ )	
2D	60	8047	17.29 $\pm$ 2.28 <sup>a</sup>	21.78 $\pm$ 0 <sup>b</sup>	23.76 $\pm$ 0 <sup>c</sup>	28.26 $\pm$ 3.38 <sup>d</sup>	20.02 $\pm$ 4.62
4D	42	5609	17.03 $\pm$ 2.31 <sup>a</sup>	21.78 $\pm$ 0 <sup>b</sup>	23.76 $\pm$ 0 <sup>c</sup>	28.26 $\pm$ 3.09 <sup>d</sup>	19.66 $\pm$ 4.69
BLL	84	11047	17.23 $\pm$ 2.21 <sup>a</sup>	21.78 $\pm$ 0 <sup>b</sup>	23.76 $\pm$ 0 <sup>c</sup>	28.62 $\pm$ 3.65 <sup>d</sup>	19.95 $\pm$ 4.76
PT	186	24703	17.2 $\pm$ 2.26	21.78 $\pm$ 0	23.76 $\pm$ 0	28.42 $\pm$ 3.45	19.91 $\pm$ 4.7

Diferencias entre promedios con diferentes letras son significativos ( $0.05 > p < 0.001$ )

<sup>1</sup> La medida única dentro del rango de categoría Fino es 21.78  $\mu\text{m}$

<sup>2</sup> La medida única dentro del rango de categoría Mediofino es 23.76  $\mu\text{m}$

<sup>3</sup> 2D= dos dientes, 4D= cuatro dientes, BLL= boca llena

<sup>4</sup> EF= extrafino, F= fino, MF= medio fino, G= grueso

Porciones de las muestras fueron cortadas en un micrótopo a un grosor de 0.6 mm, montadas en un portaobjetos con bálsamo de Canadá y cubiertas con una lámina cubreobjetos, y dejadas a secar por 24 horas. Las láminas fueron leídas en el microscopio de proyección con un objetivo de 20x (500 aumentos).

### Análisis Estadístico

La diferencia en el diámetro de fibras entre edades y tipos de medulación y entre categoría y tipo de medulación, según el arreglo factorial correspondiente, fue evaluado mediante un análisis de variancia y la diferencia entre grupos e interacciones a través del análisis de mínimos cuadrados según el Modelo lineal general. La diferencia en la frecuencia porcentual entre tipos de medulación por edades y categorización de las fibras fue evaluada con la prueba de la tabla de contingencia del Chi cuadrado. Para el análisis de los datos se usó el paquete estadístico SAS, 1990.

## RESULTADOS

El diámetro promedio de las fibras fue similar entre edades dentro de cada categoría de fibra; sin embargo es notoria dentro de cada edad la diferencia significativa entre categorías de fibras (Cuadro 3). Asimismo, se observa un mayor porcentaje de fibras extrafinas en los vellones finos ( $p < 0.01$ ) y un menor porcentaje en las otras categorías (Cuadro 4).

El diámetro promedio de fibra dentro de cada tipo de medulación es similar entre edades, pero existe una diferencia altamente significativa ( $p < 0.01$ ) dentro de edades por los tipos de medulación (Cuadro 5). Así mismo, el porcentaje de fibras en vellones finos disminuye con la medulación, siendo significativamente menor ( $p < 0.001$ ) en las fibras con médula completa (Cuadro 6).

El análisis factorial muestra diferencias significativas entre las categorías de fibras ( $0.05 > p < 0.01$ ) y entre los tipos de medulación

Cuadro 4. Porcentaje de fibras del vellón de alpacas Huacaya de acuerdo con la edad y la categoría del diámetro de fibra

Edad <sup>1</sup>	Animal (n)	Fibras (n)	Porcentaje de fibras según categoría <sup>2</sup>				Promedio total (PT)
			EF	F	MF	G	
			≤20.49 μm	20.5-22.99 μm	23-24.99 μm	≥25 μm	
2D	60	8047	20.95 <sup>a</sup>	3.81 <sup>b</sup>	3.09 <sup>c</sup>	4.72 <sup>d</sup>	32.57
4D	42	5609	15.31 <sup>a</sup>	2.27 <sup>b</sup>	1.87 <sup>c</sup>	3.22 <sup>d</sup>	22.71
BLL	84	11047	29.53 <sup>a</sup>	4.68 <sup>b</sup>	4.00 <sup>c</sup>	6.51 <sup>d</sup>	44.72
PT	186	24703	65.83	10.76	8.96	14.46	

<sup>1</sup> 2D= dos dientes, 4D= cuatro dientes, BLL= boca llena

<sup>2</sup> EF= extrafino, F= fino, MF= medio fino, G= grueso

Diferencias entre promedios con diferentes letras son significativos (0.05>p<0.001)

Cuadro 5. Promedio de diámetro de fibra en alpacas Huacaya de acuerdo con la edad y el tipo de medulación

Edad <sup>1</sup>	Animales (n)	Fibras (n)	Diámetro de fibra (μm) según la modulación <sup>2</sup>			Promedio
			MC ± DE	MP ± DE	SM ± DE	
2D	60	8047	26.86 ± 4.90 <sup>a</sup>	22.08 ± 3.42 <sup>b</sup>	17.41 ± 3.38 <sup>c</sup>	20.02 ± 4.62
4D	42	5609	27.38 ± 4.63 <sup>a</sup>	22.00 ± 3.61 <sup>b</sup>	16.99 ± 2.81 <sup>c</sup>	19.66 ± 4.69
BLL	84	11047	27.61 ± 5.24 <sup>a</sup>	22.12 ± 3.79 <sup>b</sup>	17.23 ± 3.12 <sup>c</sup>	19.95 ± 4.76
PT	186	24703	27.3 ± 4.98	22.08 ± 3.63	17.23 ± 3.14	19.91 ± 4.70

Diferencias entre promedios con diferentes letras son significativos (0.05>p<0.001)

<sup>1</sup> 2D= dos dientes, 4D= cuatro dientes, BLL= boca llena

<sup>2</sup> SM= sin médula, MP= médula partida, MC= médula completa

Cuadro 6. Porcentaje de fibras del vellón en alpacas Huacaya de acuerdo con la edad y el tipo de medulación

Edad <sup>1</sup>	Animales (n)	Fibras (n)	Porcentaje de fibras según medulación <sup>2</sup>			Promedio total (PT)
			MC	MP	SM	
2D	60	8047	2.51 <sup>a</sup>	13.09 <sup>b</sup>	16.97 <sup>c</sup>	32.57
4D	42	5609	1.98 <sup>a</sup>	7.98 <sup>b</sup>	12.75 <sup>c</sup>	22.71
BLL	84	11047	3.07 <sup>a</sup>	18.34 <sup>b</sup>	23.31 <sup>c</sup>	44.72
PT	186	24703	7.56	39.41	53	

Diferencias entre promedios con diferentes letras son significativos (0.05>p<0.001)

<sup>1</sup> 2D= dos dientes, 4D= cuatro dientes, BLL= boca llena

<sup>2</sup> SM= sin médula, MP= médula partida, MC= médula completa

Cuadro 7. Promedio de diámetro de fibra ( $\mu\text{m}$ ) de alpacas Huacaya de acuerdo con la categorización<sup>1</sup> y tipo de medulación<sup>2</sup>

Tipo de medulación	Categoría de diámetro de fibra ( $\mu\text{m}$ )				Promedio total (PT)
	EF $\leq 20.49$	F (20.5-22.99) <sup>3</sup>	MF (23-24.99) <sup>4</sup>	G $\geq 25$	
MC	19.4 $\pm$ 0.87 <sup>a</sup>	21.78 $\pm$ 0 <sup>d</sup>	23.76 $\pm$ 0 <sup>e</sup>	29.59 $\pm$ 4.17 <sup>f</sup>	27.38 $\pm$ 4.98
MP	18.85 $\pm$ 1.32 <sup>b</sup>	21.78 $\pm$ 0 <sup>d</sup>	23.76 $\pm$ 0 <sup>e</sup>	27.59 $\pm$ 2.26 <sup>g</sup>	22.08 $\pm$ 3.63
SM	16.61 $\pm$ 2.23 <sup>c</sup>	21.78 $\pm$ 0 <sup>d</sup>	23.76 $\pm$ 0 <sup>e</sup>	29.26 $\pm$ 5.19 <sup>h</sup>	17.23 $\pm$ 3.14
PT	17.20 $\pm$ 2.26	21.78 $\pm$ 00	23.76 $\pm$ 0	28.42 $\pm$ 3.45	

Diferencias entre promedios con diferentes letras son significativos (0.05>p<0.001)

<sup>1</sup> EF= extrafino, F= fino, MF= medio fino, G= grueso

<sup>2</sup> SM= sin médula, MP= médula partida, MC= médula completa

<sup>3</sup> La medida única dentro del rango de categoría Fino es 21.78 $\mu\text{m}$

<sup>4</sup> La medida única dentro del rango de categoría Mediofino es 23.76  $\mu\text{m}$

Cuadro 8. Porcentaje de fibras del vellón de alpacas Huacaya de acuerdo con el tipo de medulación y categoría

Tipo de medulación	Categoría de diámetro de fibra ( $\mu\text{m}$ )				Promedio total (PT)
	EF $\leq 20.49$	F (20.5-22.99) <sup>3</sup>	MF (23-24.99) <sup>4</sup>	G $\geq 25$	
MC	0.54 <sup>a</sup>	0.71 <sup>d</sup>	1.07 <sup>e</sup>	5.24 <sup>f</sup>	7.56
MP	16.85 <sup>b</sup>	7.62 <sup>d</sup>	6.66 <sup>e</sup>	8.28 <sup>g</sup>	39.41
SM	48.44 <sup>c</sup>	2.43 <sup>d</sup>	1.23 <sup>e</sup>	0.94 <sup>h</sup>	53.03
PT	65.83	10.76	8.96	14.46	

Diferencias entre promedios con diferentes letras son significativos (0.05>p<0.001)

<sup>1</sup> EF= extrafino, F= fino, MF= medio fino, G= grueso

<sup>2</sup> SM= sin médula, MP= médula partida, MC= médula completa

(p<0.01); sin embargo, también es notoria la interacción (0.05>p<0.01) entre categorías y tipos de medulación (Cuadro 7). Por otro lado, se nota un mayor porcentaje de fibras extrafinas y sin médula (p<0.01) y menor porcentaje de las otras categorías y tipos de medulación en los vellones finos (Cuadro 8).

## DISCUSIÓN

La confiabilidad de la procedencia de las muestras de vellón fino de alpacas para investigar el efecto de la presencia de médulas en el diámetro de las fibras se asegura con el promedio general del diámetro de fi-

bra encontrado ( $19.91 \pm 4.70 \mu\text{m}$ ), medidas que corresponderían a un vellón extrafino. Este porcentaje de fibras extrafinas-finas representa el 76% del total, valor que supera el 65% de fibras finas y el 75% de fibras extrafinas en vellones finos y extrafinos, respectivamente, según la categorización de INDECOPI (NTP-231.302:2014).

El promedio de diámetro de fibra fue menor al reportado por Montesinos (2000) en alpacas de Quimsachata ( $23.56 \pm 2.97 \mu\text{m}$ ) y por Pinazo (2000) en alpacas de La Raya ( $24.70 \mu\text{m}$ ), en ambos casos, en hembras. El diámetro de fibra fue similar entre los grupos etarios, resultado que se contradice con los obtenidos por otros investigadores (Huamani y Gonzales, 2004; Lupton *et al.*, 2006; Mamani, 2006; McGregor, 2006; Leyva *et al.*, 2008), quienes concluyen que el grosor del diámetro de fibra aumenta con la edad, probablemente debido al cambio por la maduración folicular en la relación foliculo primario/foliculo secundario (Antonini *et al.*, 2004). En el presente estudio, la mayoría de las hembras de dos años ya lograron la pubertad y se esperaba que estuvieran en el inicio de la gestación, dado el empadre continuo en que se encuentran (Fernández-Baca, 1993).

El efecto interactivo encontrado entre las categorías de fibras y los tipos de medulación muestra que la presencia de médula influye en la variabilidad del diámetro de las fibras, congruente con otros hallazgos en alpacas (Gutiérrez *et al.*, 2009; Pinares *et al.*, 2018), mientras que, su ausencia ocurre en fibras con diámetro significativamente menor, el cual corresponde en mayor porcentaje a fibras de la categoría extrafino (INDECOPI, 2014). Estos resultados asociados a la ausencia del efecto del incremento de la edad, variable que incluye los efectos de los cambios en el estadio fisiológico y el mayor número de esquila a que son expuestos las alpacas de mayor edad (Leyva *et al.*, 2008), sugieren, en un programa de mejoramiento, la expresión de un potencial genético en la producción de vellón con fibras extrafinas y finas con ausencia de médula, independiente

de los efectos de los factores biológicos y medio ambientales; como ocurre en la calidad de la fibra del vellón de otras especies (Scobie *et al.*, 1998; McGregor y Butler, 2007).

El promedio de diámetro de fibra y el grado de medulación se incrementan significativamente con la edad, tanto en llamas como en alpacas (Bustinza, 2001; McGregor, 2006; Rodríguez, 2007; Franco *et al.*, 2009). Sin embargo, en el presente estudio, hubo una disminución progresiva del diámetro de la fibra y del porcentaje de fibras meduladas, aunque sin variación significativa por la edad.

El porcentaje de fibras con médula continua fue de 7.56%, que resulta inferior al 23.90% reportado por Pinares (2017), debido a que el vellón estudiado corresponde a un vellón de categoría fina. El porcentaje de fibras con médula partida (médula fragmentada y médula discontinua) fue de 39.41%, siendo menor al 43.3% (suma de fragmentadas y discontinuas) obtenido por Pinares (2017) y del 49.26% (médula discontinua) reportado por Contreras (2009). Por otro lado, con respecto al porcentaje de fibra no medulada se obtuvo un valor de 53%, siendo superior al 33.51 y 32.56% obtenido por Contreras (2009) y Pinares (2017), respectivamente.

La determinación de la presencia de fibras con médulas partidas y su diámetro es un paso para lograr la disminución de fibras meduladas de mayor diámetro y el incremento de aquellas con menor diámetro y ausencia de médula. Esta información podría ser utilizada como un indicador en un programa de mejora genética

## CONCLUSIONES

- La presencia de médula en la fibra de vellones finos incrementa la variabilidad en el diámetro de las fibras.



- No se encontró efecto del incremento de la edad en la variación del diámetro de la fibra y en los tipos de medulación.
- La variabilidad en el diámetro de fibra y tipos de medulación sugieren que la variación porcentual de fibras con médulas partidas es un indicador del paso de la disminución de la presencia de fibras con medula completa y del diámetro de fibra.

#### LITERATURA CITADA

1. **Antonini M, Gonzales M, Valbonesi A. 2004.** Relationship between age and postnatal skin follicular development in three types of South American domestic camelids. *Livestock Prod Sci* 90: 241-246.
2. **Braga W, Leyva V. 1996.** Efecto de la altitud sobre la producción de fibra de alpaca. En: XIX Reunión de la Asociación Peruana de Producción Animal. Cusco.
3. **Bustinza AV. 2001.** La alpaca. Parte 1. Conocimiento del gran potencial andino. Puno, Perú: Univ. Nacional del Altiplano. 496 p.
4. **Chávez J. 1991.** Mejoramiento genético de alpacas y llamas. En: Fernández-Baca S (ed). *Avances y perspectivas del conocimiento de los camélidos sudamericanos*. Santiago: FAO. p 151-190.
5. **Contreras A. 2009.** Estructura cuticular y características físicas de la fibra de alpaca Huacaya (*Vicugna pacos*) de color blanco en la Región de Huancavelica. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Huancavelica: Univ. Nacional de Huancavelica. 90 p.
6. **Fernández-Baca S. 1993.** Manipulation of reproductive functions in male and female New World camelids. *Anim Reprod Sci* 33: 307-323. doi: 10.1016/0378-4320(93)90121-7
7. **Franco F, San Martín F, Ara M, Olazábal J, Carcelén F. 2009.** Efecto del nivel alimenticio sobre el rendimiento y calidad de fibra en alpacas. *Rev Inv Vet Perú* 20: 187-195. doi: 10.15381/rivep.v20i2.605
8. **Gutierrez JP, Goyache F, Burgos A, Cervantes I. 2009.** Genetic analysis of six production traits in Peruvian alpacas. *Livestock Sci* 123: 193-197.
9. **Huamani R, Gonzales CE. 2004.** Efecto de la edad y el sexo en los parámetros físicos de la fibra de alpaca (*Lama pacos*) Huacaya en Huancavelica. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Perú: Univ. Nacional de Huancavelica. 80 p.
10. **[INDECOPI] Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. 2014.** Norma Técnica Peruana (NTP) 231.302.2014. Fibra de alpaca en vellón. Procedimiento de categorización y muestreo. Lima, Perú. [Internet]. Disponible en: [http://134.209.172.62/data\\_mlex/PRODINFO/BOLETIN/07-09-2014.pdf](http://134.209.172.62/data_mlex/PRODINFO/BOLETIN/07-09-2014.pdf)
11. **Infoalpaca. 2013.** Perfil de mercado y competitividad exportadora de prendas de alpaca. Perú. [Internet]. Disponible en: [http://infoalpacas.com.pe/wp-content/uploads/2013/04/Tejido\\_-\\_Prendas\\_de\\_Alpaca.pdf](http://infoalpacas.com.pe/wp-content/uploads/2013/04/Tejido_-_Prendas_de_Alpaca.pdf). Accedido el: 30/05/2017
12. **IWTO. 1997.** International Wool Textile Organization. Test Method Nr. IWTO-8-97: Method of determining fiber diameter distribution parameters & percentage of medullated fibers in wool & other animal fibers by the projection microscope. Woolmark Co. Ilkley, UK.
13. **Lencinas S, Torres D. 2010.** Desarrollo de competencias en buenas prácticas de esquila y valor agregado de la fibra de alpaca: manual técnico. DESCO. Lima. [Internet]. Disponible en: <http://www.desco.org.pe/desarrollo-de-competencias-con-buenas-practicas-de-esquila-y-valor-agregado-de-la-fibra-de-alpaca-manual-tecnico>
14. **Leyva V, Ampuero E, Urviola M, Zanabria V, Vélez V, García W. 2008.** Análisis de la evaluación fenotípica del vellón de alpacas y de los factores bio-

- lógicos y medio ambientales que afectan su calidad y producción. *Agro Enfoque* 13: 35-37.
15. **Leyva V, Chávez A, Ramos D. 2015.** Principios básicos en el manejo de alpacas para la producción de vellón y carne. Lima, Perú: Univ. Nacional Mayor de San Marcos. 87 p.
  16. **Lupton CJ, McColl A, Stobart RH. 2006.** Fiber characteristics of the Huacaya alpaca. *Small Ruminant Res* 64: 211-224. doi: 10.1016/j.smallrumres.2005.04.023
  17. **Mamani A. 2006.** Correlación entre el diámetro, densidad y rizo de la fibra de alpaca Huacaya hembra según región corporal. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista. Puno, Perú: Univ. Nacional del Altiplano. 56 p.
  18. **McGregor BA. 2006.** Production attributes and relative value of alpaca fleeces in southern Australia and implications for industry development. *Small Ruminant Res* 61: 93-111. doi: 10.1016/j.smallrumres.2005.07.001
  19. **McGregor BA, Butler KL. 2008.** Frequency of shearing increases growth of fiber and changes objective and subjective attributes of Angora goat fleeces. *J Agric Sci* 146: 351-361.
  20. **[MINAGRI] Ministerio de Agricultura y Riego. 2017.** Plan nacional de desarrollo ganadero 2017 - 2027. 41 p. [Internet]. Disponible en: <https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/dg-ganaderia/plan-nacional-ganadero-2017-2027.pdf>
  21. **Montesinos R. 2000.** Características físicas de la fibra de alpacas Huacaya y Suri de color en el banco de germoplasma Quimsachata. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista. Puno, Perú: Univ. Nacional del Altiplano. 69 p.
  22. **Pinares R. 2017.** Parámetros genéticos para la medulación y el diámetro de fibra de alpaca (*Vicugna pacos*) Huacaya del Fundo Experimental Pacamarca. Tesis de Magister. Lima, Perú: Univ. Nacional Agraria La Molina. 63 p.
  23. **Pinares R, Gutiérrez GA, Cruz A, Morante R, Cervantes I, Burgos A, Gutierrez JP. 2018.** Heritability of individual fiber medullation in Peruvian alpacas. *Small Ruminant Res* 165: 93-100. doi: 10.1016/j.smallrumres.2018.04.007
  24. **Pinazo R. 2000.** Algunas características físicas de la fibra de alpaca Huacaya y Suri en el CIP, La Raya. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista. Puno, Perú: Univ. Nacional del Altiplano. 73 p.
  25. **Quispe EC, Sacchero D, Quispe MD. 2018.** Potencial uso en la evaluación de lanas y fibras de animales de un novedoso caracterizador electrónico. *Rev Inv Vet Perú* 29: 858-876. doi: 10.15381/rivep.v29i3.13677
  26. **Quispe EC, Rodríguez TC, Iñiguez LR, Mueller JP. 2009.** Producción de fibra de alpaca, llama, vicuña y guanaco en Sudamérica. *Anim Genetic Resources Inf* 45: 1-14.
  27. **Quispe EC, Poma A, Purroy A. 2013.** Características productivas y textiles de la fibra de alpacas de raza Huacaya. *Rev Complutense Cienc Vet* 7: 1-29. doi: 10.5209/rev\_RCCV.2013.v7.n1.41413
  28. **Rodríguez T. 2007.** Producción de fibra de camélidos, calidad de fibra de llama descordada y clasificada. En: Camélidos. Bolivia, Cochabamba: Centro de Investigaciones en Forrajes «La Violeta». p 361-374.
  29. **Scobie DR, Bray A.R, Merrick NC. 1998.** Medullation and average fibre diameter vary independently in the wool of Romney sheep. *NZ J Agric Res* 41: 101-110. doi: 10.1080/00288233.1998.9513292
  30. **Solís RH. 1991.** Tecnología de lanas y fibras animales especiales. Cerro de Pasco, Perú: Univ. Nacional Daniel Alcides Carrión. 596 p.
  31. **Villarroel J. 1963.** Un estudio de la fibra de alpaca. *Anales Científicos UNALM* 1: 246-274.

32. **Villaruel J. 1991.** Las fibras. En: Fernández-Baca (ed). Avances y perspectivas del conocimiento de los camélidos sudamericanos. Santiago de Chile: FAO. p 363-386.
33. **Wang X, Wang L, Liu X. 2003.** The quality and processing performance of alpaca fibres. Australia: Rural Industries Research and Development Corporation. 119 p.
34. **Wuliji T, Davis GH, Dodds KG, Turner PR, Andrews RN, Bruce GD. 2000.** Production, performance, repeatability and heritability estimates for live weight, fleece weight and fiber characteristics of alpacas in New Zealand. *Small Ruminant Res* 37: 189-201. doi: 10.1016/S0921-4488(00)00127-9