

## Características textiles y longitud de fibra al descordado en vellón de vicuña

Textile characteristics and fibre length at dehairing on vicuña fleece

Rubén Pinares<sup>1\*</sup>, Franklin Lozano<sup>2</sup>, Virgilio Machaca<sup>3</sup>

### RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar la variación de las características textiles y longitud de fibra al descordado manual del vellón de vicuña, así como evaluar la influencia del sexo, edad, sitio de muestreo del vellón, y lugar de procedencia de la vicuña sobre las características de calidad de la fibra. El descordado manual se realizó en 77 muestras de vicuñas provenientes de tres provincias del departamento de Apurímac, Perú. Las características textiles de la fibra antes y después del descordado fueron evaluadas usando el equipo OFDA 2000 y mediante el análisis de varianza, prueba de t y Tukey ( $\alpha=0.05$ ). La calidad de fibras descordada es superior a la fibra no descordada, debido a la reducción del diámetro medio de fibra (DMF) ( $-1.68 \mu\text{m}$ ), desviación estándar de DMF (DE) ( $-0.73$ ) y finura al hilado (FH) ( $-1.27 \mu\text{m}$ ) y al incremento del porcentaje de fibras  $<30 \mu\text{m}$  (FC) (1.12%) y de la curvatura media (CU) ( $6.75^\circ/\text{mm}$ ). En fibra descordada los juveniles tienen un DMF más fino ( $12.24 \mu\text{m}$ ) que las adultas ( $13.01 \mu\text{m}$ ), el DMF del costillar medio es más fino ( $12.39 \mu\text{m}$ ) respecto a paleta ( $12.81 \mu\text{m}$ ) y grupa ( $12.77 \mu\text{m}$ ). Asimismo, se encontró variación de las características textiles (DE, CV, FC, y CU) y longitud de fibra entre los vellones de las tres provincias de Apurímac. En conclusión, el descordado manual reduce el diámetro medio de fibra y su desviación estándar, y aumenta la curvatura media y el confort de la fibra, mejorando las propiedades de calidad y uniformidad del hilo.

**Palabras clave:** descordado manual, fibra descordada, cerda, medulación, finura al hilado

<sup>1</sup> Escuela Profesional de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Sicuani, Perú

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Abancay, Perú

<sup>3</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Abancay, Perú

\* E-mail: [ruben.pinares@unsaac.edu.pe](mailto:ruben.pinares@unsaac.edu.pe)

Recibido: 9 de mayo de 2023

Aceptado para publicación: 15 de diciembre de 2023

Publicado: 29 de febrero de 2024

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

## ABSTRACT

The aim of this research was to determine the variation of textile characteristics and fibre length when manually dehairing vicuña fleece, as well as to evaluate the influence of sex, age, fleece sampling site, and place of origin of the vicuña on fibre quality characteristics. Manual dehairing was carried out on 77 samples of vicuñas from three provinces of the department of Apurímac, Peru. The textile characteristics of the fibre before and after dehairing were determined using OFDA 2000 device and evaluated by analysis of variance, t test and Tukey ( $\alpha=0.05$ ). The quality of dehaired fibres is superior to the non-dehaired fibre, due to the reduction of mean fibre diameter (MFD) (-1.68  $\mu\text{m}$ ), standard deviation of FMD (SD) (-0.73) and spinning fineness (SF) (-1.27  $\mu\text{m}$ ) and the increase in the percentage of fibres <30  $\mu\text{m}$  (CF) (1.12%) and the mean curvature (CU) (6.75  $^\circ/\text{mm}$ ). In dehaired fibre, juveniles have a finer MFD (12.24  $\mu\text{m}$ ) than adults (13.01  $\mu\text{m}$ ), the MFD of the midside is finer (12.39  $\mu\text{m}$ ) compared to the shoulder (12.81  $\mu\text{m}$ ) and rump (12.77  $\mu\text{m}$ ). Likewise, variation in textile characteristics (SD, CV, CF, and CU) and fibre length was found among the fleeces from the three provinces of Apurímac. In conclusion, manual dehairing reduces the mean fibre diameter and its standard deviation and increases the mean curvature and fibre comfort, improving the quality and uniformity properties of the yarn.

**Key words:** manual dehairing, fibre dehaired, guard hair, medullation, spinning fineness

## INTRODUCCIÓN

La vicuña es conocida como «*La Reina de los Andes*» pues produce una de las fibras animales más finas (Loro Piana Marketing Communication *et al.*, 2013), siendo considerada como la fibra de oro (Pinares y Yauri, 2019), toda vez que los productos y prendas de vicuña son de gran exclusividad en el mercado internacional. La vicuña se conserva en la actualidad en el Perú como un recurso zoogenético, económico y Patrimonio de la Nación por su milenaria historia sociocultural (Pinares y Yauri, 2019; Pinares y Machaca, 2022; Pinares *et al.*, 2023a).

En los Andes habitan las dos subespecies de vicuñas con diferencias en tamaño, tonalidad de fibra y genéticas; la *Vicugna vicugna mensalis* ubicándose al norte de Sudamérica y la subespecie *Vicugna vicugna vicugna* al sur del continente (González y Donoso, 2020). El manejo sostenible de la vicuña tiene un desafío en las co-

munidades campesinas y entidades gubernamentales comprometidas con este recurso. La tradicional captura y esquila mediante el *chaku* para la esquila debe seguir los protocolos vigentes de bienestar animal (Sacchero *et al.*, 2022), para evitar, entre otros, disrupciones en la estructura y/o grupos familiares de la especie (Quispe *et al.*, 2022).

El vellón de la vicuña es de doble capa. La capa interna tiene mayor proporción de fibras finas (Carpio y Solari, 1982) y representa el 70% (Mueller *et al.*, 2015), por la alta densidad de folículos secundarios (Chamut *et al.*, 2016). La capa externa la conforman las fibras gruesas y largas (cerdas), que son fibras objetables y que deben eliminarse mediante el descerdado para la fabricación de prendas exclusivas y confortables. La separación manual de fibra gruesa del vellón fino usualmente lo realizan las maestras descerdadoras (Sacchero y Mueller, 2005). Las cerdas se pueden orientar a la elaboración de alfombras, almohadas y sogas a nivel local, abriendo nuevas fuentes de

empleo que generaría más ingresos económicos para las familias andinas (Quispe *et al.*, 2015).

En el mercado internacional la fibra descordada de vicuña se cotiza en US\$ 1 450.00 por kilogramo, la fibra predescordada en US\$ 450.00 y la fibra sucia en US\$ 420.00, mientras que la cotización de la fibra sucia y descordada en el mercado nacional es relativamente baja (entre US\$ 270 y 715/kg, respectivamente), contribuyendo a la economía campesina solamente entre 2 y 6% (Kasterine y Lichtenstein, 2018). La industria textil cada vez más exige fibras finas que cumplan con todas las expectativas del cliente (demanda en el mercado internacional).

La longitud y el diámetro de fibra son los que definen el uso textil de la fibra de vicuña (Quispe *et al.*, 2018; Pinares y Yauri, 2019). Dada su corta longitud de fibra su procesamiento puede ser mediante el cardado (Trejo *et al.*, 2009). El bajo peso del vellón (Pacheco *et al.*, 2019) se traduce en menores volúmenes de producción (Valenzuela-Pinares *et al.*, 2019; Sacchero *et al.*, 2022). Ante esto, el objetivo de la investigación fue determinar la variación de las características textiles y longitud de fibra al descordado manual del vellón de vicuña y evaluar la influencia del sexo, edad, sitio de muestreo del vellón, y lugar de procedencia sobre las características de calidad de la fibra.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Animales y Muestreo de Fibra

Debido a las condiciones particulares del manejo de las vicuñas en estado silvestre se realizó un muestreo por conveniencia (no probabilístico). Se utilizaron 77 vicuñas provenientes de tres provincias del departamento de Apurímac: 14 del Centro

Ecológico Recreacional Taraccasa (distrito y provincia de Abancay), manejadas bajo un sistema de cautiverio, 28 de la Comunidad Chicñahui (distrito Chalhuanahuacho, provincia de Cotabambas) y 35 de Rafael Pampa, Comunidad Campesina de San Miguel de Mestizas (distrito de Cotaruse, provincia de Aymaraes). Las vicuñas de los dos últimos grupos eran manejadas en semi cautiverio y fueron capturadas en varios *chakus* durante 2021. En total se colectaron 231 muestras de fibra (10 g) de 77 vicuñas, considerando tres sitios de muestreo del vellón (paleta, costillar medio y grupa).

### Descordado Manual

El descordado manual de la fibra se realizó utilizando los dedos (en algunos casos con la ayuda de una pinza y lupa) sobre una mesa con dimensiones de 2 x 2 m con un contraste diferente (fondo negro o blanco), según el método tacto-visual descrito por Frank *et al.* (2012). Este procedimiento de separación de las fibras más gruesas (cerdas) fue realizado por estudiantes universitarios previamente capacitados (Figura 1).

### Características Textiles y Longitud de Fibra

El análisis de las características textiles y longitud de fibra (fibras no descordadas y fibras descordadas) fueron evaluadas por separado en el Laboratorio de Fibras del Centro de Investigación de Camélidos Sudamericanos (CICAS) La Raya de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (Perú). Se usó un analizador óptico de diámetro de fibra (OFDA 2000). De acuerdo con la norma IWTO: 47 (IWTO: 47, 2007) se registraron siete características de la fibra: diámetro medio de fibra (DMF), desviación estándar de DMF (DE), coeficiente de variación de DMF (CV), factor de confort (FC), finura al hilado (FH), curvatura media (CU) y longitud de fibra (LF).



## Análisis Estadístico

Se aplicó el análisis de varianza (ANOVA tipo II) para las características textiles y longitud de fibra bajo el siguiente modelo lineal:  $Y_{ijklm} = \mu + S_i + E_j + M_k + L_l + e_{ijklm}$ , considerando los cuatro factores con sus respectivos niveles.  $S_i$ : sexo (hembra y macho),  $E_j$ : edad (juvenil y adulta),  $M_k$ : sitio de muestro del vellón (paleta, costillar medio y grupa),  $L_l$ : lugar (Chicñahui, Rafael pampa y Taraccasa). Las diferencias de las propiedades y longitud de fibra no descerdada y descerdada se compararon utilizando prueba *t* de Student ( $\alpha = 0.05$ ). Para la comparación múltiple de medias de las propiedades de la fibra se utilizó una prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ). Todo el análisis se desarrolló usando un software R v. 4.1.1 (R Core Team, 2021) utilizando el comando *Rcmdr*, con los paquetes: *RcmdrMisc*, *car*, *carData*, *sandwich*, *effects*; función *aov* y *glht* para el ANOVA y la prueba de Tukey, respectivamente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Variación de la calidad textil de fibra al descerdado*

El proceso industrial del descerdado manual mejora sustancialmente las características textiles de fibra en la vicuña; así como el aspecto estructural y visual de la fibra (Figura 2), debido a la extracción de las fibras objetables, fibras largas, rectas y gruesas. Asimismo, mejora la calidad textil al mejorar el confort de la fibra, hilo y prenda (Frank *et al.*, 2011).

La separación de 1 kg de fibra gruesa y *down* puede tomar una semana. Para este procedimiento, el vellón y la fibra cruda son abiertas previo al descerdado manual (Wang *et al.*, 2008), proceso en vellón de vicuña que puede tomar siete turnos de ocho horas para obtener 700 g de fibra fina (Hunter, 2020), en



Figura 2. Fibra de vicuña descerdada (*down*) y lavada

Cuadro 1. Comparación del promedio  $\pm$  DE para las características textiles<sup>1</sup> y longitud de fibra al descerdado del vellón de vicuña (n=77)

Comparación	DMF ( $\mu\text{m}$ )	DE ( $\mu\text{m}$ )	CV (%)	FC (%)	FH ( $\mu\text{m}$ )	CU (%/mm)	LF (mm)
No descerdado	14.34 $\pm$ 1.07	3.76 $\pm$ 1.15	26.52 $\pm$ 6.63	97.70 $\pm$ 2.00	17.90 $\pm$ 3.62	79.02 $\pm$ 13.60	34.76 $\pm$ 7.55
Descerdado	12.66 $\pm$ 0.80	3.03 $\pm$ 0.54	22.49 $\pm$ 4.14	98.82 $\pm$ 0.36	16.63 $\pm$ 3.26	85.77 $\pm$ 11.35	31.75 $\pm$ 6.81
Diferencia	-1.68	-0.73	-4.03	1.12	-1.27	6.75	-3.01
Prueba t (p valor)	$p < 2.2 \times 10^{-16}$	$p < 2.2 \times 10^{-16}$	$p = 4.568 \times 10^{-14}$	$p < 2.2 \times 10^{-16}$	$p = 0.00009$	$p = 0.00000001$	$p = 0.000009$

<sup>1</sup>Diámetro medio de fibra (DMF), desviación estándar de DMF (DE), coeficiente de variación de DMF (CV), porcentaje de fibras  $< 30 \mu\text{m}$  (FC), finura al hilado (FH), curvatura media (CU)  
n: 77 vicuñas muestreadas que incluye 231 muestras de fibra considerando tres sitios de muestreo (paleta, costillar medio y grupa)

comparación con la fibra de la llama Chaku donde se puede obtener 79 g de fibra fina por día (Quispe *et al.*, 2015). Actualmente, se dispone máquinas descerdadoras comerciales de cachemira (Wang *et al.*, 2008; Hunter,

2020) que reduce drásticamente el tiempo de separación de las cerdas de las fibras más finas (McGregor, 2018). El descerdado mecánico en una miniplanta se debería implementar cuando se esquilan grandes can-

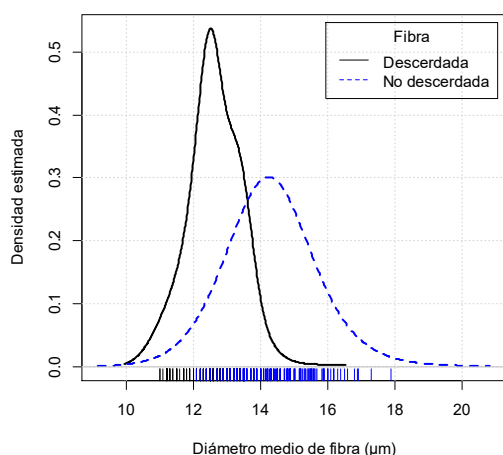


Figura 3. Variación del diámetro medio de fibra (DMF) al descordado manual

tidades de fibra de vicuña (Quispe *et al.*, 2015). En este sentido, Loro Piana es una de las empresas textiles más grandes en el acopio y comercialización de fibra de vicuña y sus productos acabados (Loro Piana Marketing Communication *et al.*, 2013).

Al eliminar las fibras más gruesas y largas hay una reducción de la longitud de fibra en 3 mm. Así, Wang *et al.* (2008) demostraron una reducción de 12 y 4 mm en la fibra de alpaca australiana y cachemira, respectivamente. En el presente estudio, el DMF, DE y FH se redujeron en -1.68, -0.73 y -1.27  $\mu\text{m}$ , respectivamente con el descordado (Cuadro 1). De esta forma, la calidad de fibra mejoró al reducirse el DMF de 14.3 a 12.7  $\mu\text{m}$  (Figura 3), similar al reporte de Frank *et al.* (2014). En vicuñas de Argentina, Sacchero y Mueller (2005) reportaron una reducción absoluta (muestras originales - fibras descordadas manualmente) de 0.7 y 1.3  $\mu\text{m}$  para DMF y DE, en tanto que Wang *et al.* (2008) indican una reducción en 1.5  $\mu\text{m}$  del DMF de alpaca usando una máquina descordadora de cachemira.

Con el descordado manual se mejoró el confort de la fibra en 1.27% y la curvatura media de la fibra incrementó en 6.75 %/mm (Figura 4). En la fibra de llama Chaku, al eva-

luar el efecto del descordado, Laime *et al.* (2016) reportaron un incremento de FC y CU de 2.74% y 4.66%/mm, respectivamente. Asimismo, Quispe *et al.* (2015) en otra población de llamas Chaku demostraron un incremento en 16.13% y 4.75 %/mm para FC y CU y una reducción en -1.68 y -5.02  $\mu\text{m}$  para DMF y FH, respectivamente.

La mayor rigidez de las fibras objetables se debe a su mayor diámetro, elipticidad, y condición de fibra con medulación continua y fuertemente medulada (Mamani-Cato *et al.*, 2022), de allí que la estrategia más rápida para resolver el problema de la picazón es la eliminación de las fibras más gruesas mediante el descordado manual (Wang *et al.*, 2008; Laime *et al.*, 2016; Mamani-Cato *et al.*, 2022), aunque a largo plazo en alpacas se está seleccionando en contra de las fibras objetables. Asimismo, el descordado manual evidencia la influencia positiva sobre la variación de calidad textil de la fibra, pues al reducir el DMF y su variabilidad se mejoran las propiedades de calidad y uniformidad del hilo (torsión y cohesión entre las fibras) debido al mayor curvatura media. La longitud de fibra y distribución de los diámetros de fibra influye sobre el procesamiento textil que debería ser considerado en las normas técnicas de clasificación de los vellones de vicuña (Ayala *et al.*, 2008).

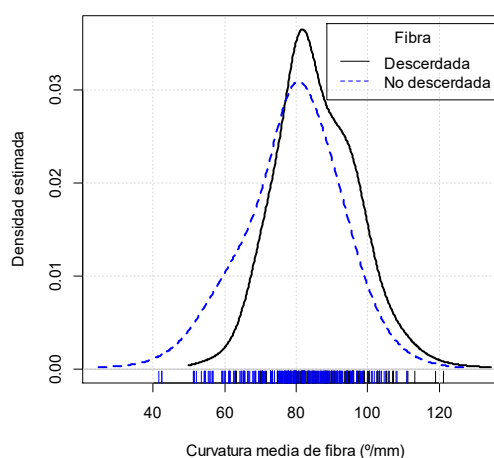


Figura 4. Variación de la curvatura media en fibra de vicuña al descordado

Características textiles de fibra al descordado en vellón de vicuña

Cuadro 2. Promedio ± DE para características textiles<sup>1</sup> y longitud de fibra (LF) antes del descordado manual, según sexo, edad, sitio de muestreo y lugar de procedencia de la vicuña

	n	DMF (µm)	DE (µm)	CV (%)	FC (%)	FH (µm)	CU (°/mm)	LF (mm)
Sexo		<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Hembra	40	14.30±1.09	3.76±1.15	22.93±4.08	97.75±2.10	17.56±3.41	80.13±13.62	31.94±7.04
Macho	37	14.36±1.05	3.75±1.16	22.08±4.17	97.66±1.91	18.22±3.80	78.00±13.55	31.58±6.61
Edad		***	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Adulta	41	14.85±0.88 <sup>b</sup>	3.80±1.15	22.34±4.01	97.69±2.00	17.84±3.36	78.83±13.49	31.99±6.39
Juvenil	36	13.74±0.95 <sup>a</sup>	3.71±1.16	22.65±4.30	97.72±2.01	17.98±3.91	79.25±13.78	31.48±7.27
Sitio de muestreo		***	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Costillar	77	14.08±1.03 <sup>a</sup>	3.77±1.04	22.60±3.65	98.02±1.46	17.19±3.11	79.48±13.20	31.62±6.51
Grupa	77	14.61±1.12 <sup>b</sup>	3.86±1.17	22.67±4.90	97.57±2.47	18.19±4.06	78.13±12.96	31.36±7.15
Paleta	77	14.31±0.99 <sup>ab</sup>	3.71±1.24	22.20±3.80	97.52±1.92	18.33±3.58	79.46±14.71	32.27±6.81
Lugar		<i>ns</i>	***	***	***	<i>ns</i>	***	**
Chicñahui	28	14.30±1.01	3.77±1.05 <sup>b</sup>	23.72±4.72 <sup>b</sup>	98.25±1.21 <sup>b</sup>	17.68±3.41	69.78±11.87 <sup>a</sup>	31.07±6.77 <sup>a</sup>
Rafael pampa	35	14.28±1.18	3.27±0.81 <sup>a</sup>	21.36±3.77 <sup>a</sup>	97.06±2.52 <sup>a</sup>	18.03±4.10	86.84±10.86 <sup>c</sup>	33.57±6.68 <sup>b</sup>
Taraccasa	14	14.51±0.78	4.96±1.21 <sup>c</sup>	22.83±2.92 <sup>ab</sup>	98.22±1.18 <sup>b</sup>	18.03±2.68	77.94±10.98 <sup>b</sup>	28.57±5.87 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Diámetro medio de fibra (DMF), desviación estándar de DMF (DE), coeficiente de variación de DMF (CV), porcentaje de fibras <30 µm (FC), finura al hilado (FH), curvatura media (CU)

n: 77 vicuñas muestreadas

Para cada característica letras diferentes dentro de columnas indican diferencias estadísticas (p<0.001, \*\*\*; p<0.01, \*\*); *ns* indica que no hubo diferencias significativas

Cuadro 3. Promedio ± DE para características textiles<sup>1</sup> y longitud de fibra (LF) luego del descordado manual, según sexo, edad, sitio de muestreo y lugar de procedencia de la vicuña

	n	DMF (µm)	DE (µm)	CV (%)	FC (%)	FH (µm)	CU (°/mm)	LF (mm)
Sexo		<i>ns</i>	*	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Hembra	40	12.57±0.75	3.10±0.56 <sup>a</sup>	26.66 ±6.33	99.79±0.36	16.35±3.20	86.84±11.47	35.00±7.17
Macho	37	12.74±0.84	2.96±0.52 <sup>b</sup>	26.39±6.92	99.85±0.35	16.90±3.30	84.78±11.20	34.54±7.91
Edad		***	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Adulta	41	13.01±0.78 <sup>b</sup>	3.08±0.55	26.28±6.44	99.80±0.37	16.99±3.56	86.26±11.62	34.52±7.65
Juvenil	36	12.24±0.61 <sup>a</sup>	2.96±0.53	26.79±6.86	99.85±0.34	16.20±2.78	85.18±11.05	35.05±7.45
Sitio de muestreo		**	**	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Costillar	77	12.39±0.77 <sup>a</sup>	2.89±0.50 <sup>a</sup>	26.4 ±6.87	99.87±0.28	16.84±3.57	84.15±12.29	35.65±8.48
Grupa	77	12.77±0.92 <sup>b</sup>	3.03±0.58 <sup>ab</sup>	25.92±5.90	99.74±0.49	16.60±3.21	87.11±11.31	33.70±7.92
Paleta	77	12.81±0.68 <sup>b</sup>	3.17±0.52 <sup>b</sup>	27.17±7.08	99.85±0.22	16.46±3.00	86.05±10.31	34.94±5.99
Lugar		<i>ns</i>	<i>ns</i>	***	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Chicñahui	28	12.61±0.78	3.07±0.56	25.22±5.89 <sup>a</sup>	99.83±0.33	16.69±3.59	85.02±11.30	33.75±6.76
Rafael pampa	35	12.69±0.84	3.04±0.53	24.70±5.15 <sup>a</sup>	99.81±0.36	16.75±3.08	85.74±09.56	35.95±7.85
Taraccasa	14	12.68±0.75	2.91±0.53	33.64±6.71 <sup>b</sup>	99.83±0.39	16.22±3.03	87.34±15.13	33.81±8.03

<sup>1</sup>Diámetro medio de fibra (DMF), desviación estándar de DMF (DE), coeficiente de variación de DMF (CV), porcentaje de fibras <30 µm (FC), finura al hilado (FH), curvatura media (CU)

n: 77 vicuñas muestreadas

Para cada característica letras diferentes dentro de columnas indican diferencias estadísticas (p<0.001, \*\*\*; p<0.01, \*\*); *ns* indica que no hubo diferencias significativas

*Características textiles y longitud de fibra no descerdada*

El DMF en fibra no descerdada es variable y es afectada por la edad y sitio de muestreo, pero aparentemente no es afectada por el sexo y lugar de procedencia de la vicuña (Cuadro 2). La variabilidad de calidad textil (DE, CV, FC, CU) y LF en vicuñas de las tres provincias de Apurímac del presente estudio es corroborada por Sacchero *et al.* (2022) en vicuñas de Argentina.

La curvatura de la fibra mostró alta variabilidad en las tres provincias del estudio. Sin embargo, otros estudios indican homogeneidad de CU en diferentes poblaciones de vicuñas (Ayala *et al.*, 2008; Pinares y Machaca, 2022). Ayala *et al.* (2008) refieren que el sitio de muestreo influye en la curvatura, donde el costillar medio presentó una menor CU respecto a paleta y grupa. En cambio, Pinares y Machaca (2022) indicaron homogeneidad de DMF de 14.44, 14.32 y 14.63  $\mu\text{m}$  en paleta, costillar medio y grupa, respectivamente. El sexo no influyó sobre el DMF, DE, CV, FC, FH, CU y LF, similar al reporte de Pinares y Machaca (2022), lo que puede deducirse que el estado fisiológico de la hembra no influye en los atributos de la fibra. No obstante, Pacheco *et al.* (2019) indican variaciones del DMF entre sexos de vicuñas.

Por otro lado, Quispe *et al.* (2010) indican diferencia del DMF según la edad, pero no por el sexo. En este estudio el lugar de procedencia no afectó el DMF ni la FH, pero sí influyó sobre DE, CV, FC y LF, similar al reporte de Pinares y Machaca (2022) en vicuñas de la misma región, mientras que Pacheco *et al.* (2019) indican que el lugar de procedencia influye el DMF, tanto en juveniles como en adultos.

La variabilidad del DMF según el lugar podría deberse a los factores climáticos y ambientales como disponibilidad de alimento y/o sistema de manejo en silvestría versus semicautividad (Pacheco *et al.*, 2019). Tam-

bién es importante considerar las diferencias genéticas entre poblaciones de vicuñas de diferentes lugares (Wheeler *et al.*, 2001), asimismo la longitud y crecimiento de la fibra es influenciada por el ambientales y los factores genéticos (Carpio y Santana, 1982).

*Características textiles y longitud de la fibra descerdada*

Los resultados indican que las fibras descerdadas son más finas (12.66  $\mu\text{m}$ ) y cumplen los requerimientos de la industria textil y manufactura, además de tener buena FH (16.63  $\mu\text{m}$ ), mayor curvatura media (85.77%/mm) y un alto confort de fibra (99.82%), lo que se traduce en un buen rendimiento al hilado. A mayor finura de las fibras descerdadas mayor será la calidad del producto de vicuña.

Algunas características textiles y la longitud promedio de fibra no son, sin embargo, afectados por el sexo, edad, sitio de muestreo del vellón y lugar de procedencia de la vicuña (Cuadro 3). El DMF fue más fino en el costillar medio respecto a grupa y paleta, además el DMF aumenta conforme aumenta la edad, siendo más grueso en vicuñas adultas ( $p < 0.001$ ). También se encontraron diferencias del CV en vicuñas de Taraccasa manejadas en cautiverio respecto a las de Chicñahui y Rafael pampa.

El DMF  $\pm$  DE al post descerdado fue más fino que antes del proceso (12.66  $\pm$  0.80  $\mu\text{m}$ ) y con valor similar al 12.77  $\pm$  0.52  $\mu\text{m}$  y 12.97  $\pm$  0.12  $\mu\text{m}$  reportados por Quispe *et al.* (2018) y Quispe *et al.* (2011), respectivamente, en fibra descerdada, pero ligeramente menor a los valores de 13  $\mu\text{m}$  reportados por Hunter (2020) y de 13.21  $\pm$  1.41  $\mu\text{m}$  por Pinares y Yauri (2019).

La longitud promedio de fibra presentó un valor de 31.75 mm (Cuadro 1), similar al de 32.77 mm reportado por Carpio y Santana (1982). La longitud de la fibra fue homogénea según el sitio de muestreo del vellón (entre 33.70 y 35.65 mm), en cambio, en vicuñas macho, Carpio y Santana (1982) repor-



taron variaciones entre 25.91 y 38.61 mm, con una menor longitud de fibra en la paleta respecto a costillar medio y grupa. Por otro lado, la longitud corta (20 a 25 mm) limita en gran medida el sistema tradicional de peinado (Hunter, 2020), por lo que se recomienda el procesamiento textil de cardado (Carpio y Santana, 1982; Trejo *et al.*, 2009), con el fin de fabricar una prenda exclusiva.

Por otro lado, la correlación entre LF y DMF fue negativa (-0.19;  $p < 0.01$ ). Carpio y Santana (1982) reportaron una mayor correlación y, además, positiva de 0.87, pudiéndose decir que el perfil de crecimiento de la fibra guarda una relación positiva con el engrosamiento de su diámetro. Sin embargo, la correlación entre LF y DMF (0.10) no fue significativa en vicuñas de Junín (Pinares y Yauri, 2019), en alpacas de Cusco (Pinares *et al.*, 2023b) ni en cabras patagónicas (Frank *et al.*, 2017). En vellones de vicuña no descordado provenientes de diferentes lugares existe variabilidad fenotípica de las características textiles y longitud de fibra, pero no en fibra descordada, por lo que esta se puede atribuir a la presencia y proporción de fibras objetables (cerdas).

## CONCLUSIONES

- En la vicuña, el descordado manual produce variaciones textiles de las características textiles de la fibra, con una reducción del DMF (-1.68  $\mu\text{m}$ ), DE (-0.73  $\mu\text{m}$ ) y FH (-1.27  $\mu\text{m}$ ) e incremento del FC (1.12%) y CU (6.75 %/mm).
- El sexo no influye sobre las características textiles y longitud de fibra de vellones no descordados. En la fibra descordada no existe diferencias de FC, FH, CU y LF, según sexo, edad, sitio de muestreo del vellón y lugar de procedencia de la vicuña.
- En fibras sin descordar de vicuña procedentes de tres lugares del departamento de Apurímac, existe variación de las características textiles (DE, CV, FC, y CU) y LF.

## LITERATURA CITADA

1. **Ayala J, López M, Chávez J. 2008.** Variabilidad del promedio de la curvatura y su efecto sobre el promedio del diámetro de fibra de vicuña. En: Frank E, Antonini M, Toro O (eds). South American camelids research. Vol 2. The Netherlands: Wageningen Academic Publishers. p 191-197. doi: 10.3920/978-90-8686-648-9
2. **Carpio M, Santana P. 1982.** Estudio preliminar de la longitud y análisis cuticular en la fibra de vicuña. En: Carpio M (ed). Informes de trabajos de investigación en vicuñas. Programa de Ovinos y Camélidos Americanos. Serie: Ciencia y Práctica Zootécnica, Universidad Nacional Agraria La Molina. p 1-53.
3. **Carpio M, Solari Z. 1982.** Diámetro de la fibra en el vellón de la vicuña. En: Carpio M (ed). Informes de trabajos de investigación en vicuñas volumen I. Programa de Ovinos y Camélidos Americanos. Serie: Ciencia y Práctica Zootécnica, Universidad Nacional Agraria La Molina. p 54-102.
4. **Chamut S, Cancino AK, Black-Decima P. 2016.** The morphological basis of vicuña wool: skin and gland structure in *Vicugna vicugna* (Molina 1782). Small Ruminant Res 137: 124-129. doi: 10.1016/j.smallrumres.2016.03.010
5. **Frank EN, Hick MVH, Russano D, Castillo MF, Prieto A, Aisen EG. 2017.** Sources of variation in fibre production and quality traits source of variation in down-bearing Patagonian goats and implications for developing a cashmere industry. Small Ruminant Res 150: 60-69. doi: 10.1016/j.smallrumres.2017.03.003
6. **Frank WN, Hick MVH, Castillo MF, Prieto A. 2014.** Fibre-based components determining handle/skin comfort in fabrics made from dehaired and non-dehaired llama fibre. Int J Appl Sci Technol 4: 51-66.

7. **Frank EN, Hick MV, Adot OG. 2012.** Determination of dehairing, carding, combing and spinning difference from lama type of fleeces. *Int J Appl Sci Technol* 2: 61-70.
8. **Frank EN, Hick MVH, Adot OG. 2011.** Descriptive differential attributes of type of fleeces in llama fibre and its textile consequence. Part 2: Consequences of the dehairing process. *J Text I* 102: 41-49. doi: 10.1080/00405000-903474873
9. **González BA, Donoso D. 2020.** Distribución geográfica actual de la vicuña austral. En: González BA (ed). *La vicuña austral*. Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza. p 52-59.
10. **Hunter L. 2020.** Mohair, cashmere and other animal hair fibres. In: Kozłowski RM, Mackiewicz-Talarczyk M (eds). *Handbook of natural fibres*. 2<sup>nd</sup> ed. Vol 1: Types, properties and factors affecting breeding and cultivation. Woodhead Publishing Series in Textiles, p 279-383.
11. **IWTO-47. 2007.** Measurement of the mean and distribution of fibre diameter of wool using an optical fibre diameter analyser (OFDA). International Wool Textile Organisation.
12. **Kasterine A, Lichtenstein G. 2018.** El comercio de fibra de vicuña: consecuencias para la conservación y los medios de vida de las poblaciones rurales. Informe SIVC-18.13S. Centro de Comercio Internacional (ITC), Ginebra, Suiza.
13. **Laime F, Pinares R, Paucara V, Machaca V, Quispe EC. 2016.** Características tecnológicas de la fibra de llama (*Lama glama*) Chaku antes y después de descender. *Rev Inv Vet Perú* 27: 209-217. doi: 10.15381/rivep.v27i2.11643
14. **Loro Piana Marketing Communication, Piazza A, Morlacchi G, Milan S, Vanzella E, Di Lallo E, Carruthers A, Rotunno B. 2013.** Vicuña the Queen of the Andes. Italy: Skira Ed. 180 p.
15. **McGregor B. 2018.** Physical, chemical, and tensile properties of cashmere, mohair, alpaca, and other rare animal fibers. In Bunsell AR (ed). *Handbook of properties of textile and technical fibers*. 2<sup>nd</sup> ed. The Textile Institute Book Series. p 105-136. doi: 10.1016/B978-0-08-101272-7.00004-3
16. **Mamani-Cato RH, Frank EN, Prieto A, Castillo MF, Condori-Rojas N, Hick MVH. 2022.** Effect of fibre diameter, prickle factor and coarse fibre bias on yarn Surface hairiness in South American camelids (SAC) fibre. *Fibers* 10:18. doi: 10.3390/fib10020018
17. **Mueller J, Rigalt F, Lamas H, Sacchero D, Cancino A, Wurzinger M. 2015.** Fibre quality of South American camelids in Argentina: a review. *Anim Genet Resour* 56: 97-109. doi: 10.1017/S2078633614000496
18. **Pacheco J, Vélez V, Angulo-Tisoc J, Pezo S, Castelo H. 2019.** Caracterización de la producción de fibra de vicuña (*Vicugna vicugna*) en la Región Cusco, Perú. *Rev Inv Vet Perú* 30: 224-230. doi: 10.15381/rivep.v30i1.15687
19. **Pinares R, Machaca V, Lozano F, Quispe A, Ccopa R, Calsin B. 2023a.** Comparaciones de la espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), parámetros colorimétricos y porcentaje de medulación en fibra de vicuña. *Rev Inv Vet Perú* 34: e25953. doi: 10.15381/rivep.v34i4.25953
20. **Pinares R, Meza A, Crispín N, Lozano F, Pezo D. 2023b.** Comparing fiber quality characteristics and staple length in Suri and Huacaya alpacas. *Front Anim Sci* 4: 1167113. doi: 10.3389/fanim.2023-1167113
21. **Pinares R, Machaca V. 2022.** Factores relacionados con la calidad textil de fibra en vicuñas (*Vicugna vicugna mensalis*) de Apurímac, Perú. *Rev Inv Vet Perú* 33: e23348. doi: 10.15381/rivep.v33i4.23348
22. **Pinares R, Yauri WV. 2019.** Variaciones fenotípicas de las características textiles de fibra predescerdada de vicuña. *Rev Inv Vet Perú* 30: 1592-1602. doi: 10.15381/rivep.v30i4.17265

23. **Quispe E, Siguas O, Espinoza M, Arana W, Contreras J, Cassinello J, Bartolomé J. 2022.** Group structure in vicuña (*Vicugna vicugna mensalis*) subject to chaku management in central Andes, Peru. *Small Rumin. Res* 210: 106661. doi: 10.1016/j.smallrumres.-2022.106661
24. **Quispe JE, Herrera T, Apaza E, Clavetea L, Maquera Z. 2018.** Características tecnológicas de la fibra de vicuñas en semicautiverio de la multicomunal Picotani-Región Puno. *Rev Inv Vet Perú* 29: 522-532. doi: 10.15381/rivep.v29i2.14475
25. **Quispe EC, Chipa L, Pinares R. 2015.** Análisis económico y de la producción del descordado manual de la fibra de llamas (*Lama glama*) Chaku. *Arch Zootec* 64: 191-198.
26. **Quispe E, Ramos H, Mayhua P, Alfonso L. 2010.** Fibre characteristics of vicuña (*Vicugna vicugna mensalis*). *Small Ruminant Res* 93: 64-66. doi: 10.1016/j.smallrumres.2010.03.019
27. **R Core Team. 2021.** R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [Internet]. Disponible en: <http://www.R-project.org/>
28. **Sacchero D, Roger JQ, Romero S, Maurino J, Gonzalez, EB. 2022.** Community-based vicuña (*Vicugna vicugna*) shearing in the arid Puna of Argentina: body weight and fiber traits obtained during the chakus. *Small Ruminant Res* 216: 106829. doi: 10.1016/j.smallrumres.2022.106829
29. **Sacchero DM, Mueller JP. 2005.** Determinación de calidad de vellones de doble cobertura tomando al vellón de vicuña (*Vicugna vicugna*) como ejemplo. *Rev Inv Agro* 34: 143-159.
30. **Valenzuela-Pinares MA, Ramos De la Riva VA, Cárdenas-Villanueva LA, Pezo-Carreón S. 2019.** Análisis de la producción de fibra de vicuñas en semicautiverio y silvestría en Apurímac, Perú. *Rev Inv Vet Perú* 30: 1579-1591. doi: 10.15381/rivep.v30i4.17249
31. **Trejo WC, Baquerizo MR, Palacios GP. 2009.** Evaluación del diámetro, longitud y rendimiento al lavado de la fibra de vicuña en el patronato del parque de las leyendas. *Anales Científicos* 70: 4550. doi: 10.21704/ac.v70i1.71
32. **Wheeler JC, Fernandez M, Rosadio R, Hoces D, Kadwell M, Bruford MW. 2001.** Diversidad genética y manejo de poblaciones de vicuñas en el Perú. *Rev Inv Vet Perú Sup* 1: 170-183.
33. **Wang L, Singh A, Wang X. 2008.** Dehairing Australian alpaca fibres with a cashmere dehairing machine. *J Text I* 99: 539-544. doi: 10.1080/0040500070-1609308