

CARACTERÍSTICAS TEXTILES DE LA FIBRA DE ALPACAS SURI DE LA FERIA GANADERA DEL SUR DEL PERÚ

TEXTILE CHARACTERISTICS OF FIBER OF SURI ALPACAS FROM THE LIVESTOCK FAIR OF THE SOUTH OF PERU

Diana Quispe^{1*}, Paúl Castillo^{2a}, William Yana^{2b}, Hugo Vilcanqui^{3a} y Edgar Apaza^{3b}

¹ Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba, Campus universitario El Arenal s/n. Quillabamba 08741, Perú

<https://orcid.org/0000-0001-9652-6346>

^{2a} Proyecto Especial Camélidos Sudamericanos – PECSA, Gobierno Regional Puno, Jr. Carabaya 351, Puno 21001, Perú

<https://orcid.org/0000-0002-7170-1467>

^{2b} Proyecto Especial Camélidos Sudamericanos – PECSA, Gobierno Regional Puno, Jr. Carabaya 351, Puno 21001, Perú

<https://orcid.org/0000-0002-1801-916X>

^{3a} Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional del Altiplano, Ciudad universitaria s/n, Puno 21001, Perú

<https://orcid.org/0000-0002-2811-5139>

^{3b} Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional del Altiplano, Ciudad universitaria s/n, Puno 21001, Perú

<https://orcid.org/0000-0002-8588-5674>

* Autor para correspondencia: diana.quispe.roque@gmail.com

RESUMEN

Anualmente se realiza una feria ganadera en el sur del Perú, la que se caracteriza por exponer ejemplares de ganado de plantales seleccionados de camélidos sudamericanos del altiplano peruano. Este estudio tuvo como objetivo caracterizar la fibra de alpacas Suri que fueron admitidas en la LVIII Feria Ganadera, Artesanal y Agroindustrial del Sur (FEGASUR) del 2019. Se evaluaron características tecnológicas. Para el efecto, se utilizó 178 muestras de fibras de la alpaca Suri. El diseño estadístico fue completamente al azar, con arreglo factorial de tres factores (sexo, color del vellón y categorías de juzgamiento). La comparación de medias fue a través de Tukey-Kramer. La fibra de alpacas Suri evidenció características tecnológicas particulares de calidad. El diámetro medio de la fibra tuvo una media general de $22,14 \pm 3,42 \mu\text{m}$, con valores muy próximos por el efecto del sexo, color del vellón y edad. Los resultados para las otras características tecnológicas relacionadas al diámetro medio de la fibra acreditan la calidad de la fibra, contexto que visualiza la calidad genética de las alpacas Suri a nivel de los rebaños élite en la Región Puno de Perú.

Palabras clave: *Lama pacos*, vellón de alpaca Suri, lustre, calidad, longitud de mecha, altiplano, Puno

ABSTRACT

A livestock fair is held annually in the south of Peru. The fair is characterized by the exhibition of livestock from selected herds of camelids from the Peruvian Altiplano. The aim of this study was to characterize the fiber of Suri alpacas admitted to the livestock fair LVIII Feria Ganadera, Artesanal y Agroindustrial del Sur (FEGASUR) of 2019. Technological characteristics were evaluated. For this purpose, 178 samples of Suri alpaca fiber were used. The statistical design was a complete randomized design with a factorial arrangement of three factors (sex, fleece color and judging categories). Means were compared using Tukey-Kramer test. Suri alpaca fibers showed extraordinary characteristics in terms of technological quality. The mean fiber diameter had an overall mean of $22,14 \pm 3,42 \mu\text{m}$, with very close values due to the effect of sex, fleece color and age. The results for the other technological characteristics related to mean fiber diameter confirm the quality of the fiber, providing evidence of the genetic quality of Suri alpacas at the level of elite herds in the Puno region of Peru.

Keywords: *Lama pacos*, Suri alpaca fleece, luster, quality, wick length, altiplano, Puno.

INTRODUCCIÓN

La alpaca (*Lama pacos*) Suri es el biotipo camélido menos numeroso en los andes y se caracteriza por presentar peculiaridades fenotípicas diferentes y propias de su raza (Matute et al., 2009). El vellón es resbaladizo, compuesto de mechales largas y sedosas que corren paralelas al cuerpo, cuelgan a manera de espirales, claramente separadas unas de otras y terminan en puntas como de lápices finamente afilados; las fibras son menos onduladas, más lustrosas y brillantes (Bustanza 2001, Quispe et al. 2016). Por ello, se la considera una fibra natural rara, alternativa y preciada (Renieri et al. 2009, Presciuttini et al. 2010). El lustre natural de la fibra de la alpaca Suri determina su uso en la industria textil; y gracias a ello, se utiliza en muchas de las aplicaciones en seda y cashmere (Andy y Tillman, 2006).

La industria textil considera a la fibra de alpaca especial porque es de origen animal; esta fibra es apreciada por su suavidad, poder calorífico, ligereza, amplia gama de colores y buena resistencia (Wang et al., 2003). Los consumidores que utilizan prendas de alpaca las eligen por sus cualidades térmicas, resistencia de la fibra, impermeabilidad y anti inflamabilidad (Atav y Türkmen, 2015).

La región Puno alberga la mayor población de alpacas Suri (190.528 ejemplares) del Perú. De estos, el 99% está en manos de pequeños criadores y diversas formas organizativas como cooperativas, asociaciones, comunidades campesinas, entre otros (INEI, 2012).

El Proyecto Especial Camélidos Sudamericanos (PECSA) del Gobierno Regional Puno, en colaboración con las organizaciones de criadores de ganado y otras instituciones, organiza anualmente la Feria Ganadera, Agroindustrial y Artesanal del Sur del Perú

denominada FEGASUR en la ciudad de Juliaca. Esta feria tiene el propósito de destacar a los mejores ejemplares de ganado autóctono (alpacas y llamas) y alóctono (vacunos y ovinos) con el fin de resaltar el potencial ganadero que cuenta el altiplano peruano.

La FEGASUR se ha consolidado como el evento de exposición ganadera más emblemático y representativo del sur del Perú (Fig. 1). En sus inicios, la FEGASUR fue el centro de exposición del ganado selecto (vacuno y ovino) de las empresas asociativas del Altiplano. Actualmente, la FEGASUR fomenta la participación de nuevos actores, como pequeños y medianos productores, así como empresas asociativas que conservan y conducen plantales de ganado selecto (alóctono y autóctono) de diversas especies.

Gran parte de los estudios de caracterización de la fibra en alpacas se han llevado sin determinar la calidad genética (Málaga et al., 2022; García, 2019; Calsin, 2017; Gandarillas et al. 2022, Checmapocco et al., 2013), es decir, sin diferenciar rebaños de plantel del general. En este contexto, este estudio propuso caracterizar la fibra de alpacas de la raza Suri que fueron admitidas a concurso en la LVIII FEGASUR 2019, considerando las características tecnológicas; dicha caracterización contribuirá no solo a visualizar la calidad genética de las alpacas a nivel de los rebaños élite, sino emprender programas de mejora genética más racionales a nivel de la región Puno.

MATERIAL Y MÉTODOS

Ubicación del estudio

El estudio se realizó en el campo ferial de la ciudad de Juliaca, provincia de San Román en la región Puno, cuyas coordenadas geográficas son $15^{\circ} 29' 36''$ latitud sur y $70^{\circ} 8' 8''$ longitud oeste a una altitud de 3.833 m (IGN, 2024).

(a)



(b)



Fig. 1. Fotografía de las alpacas Suri color y blancas campeonas de la LVIII FEGASUR 2019. (a) Alpacas Suri color y (b) Alpaca Suri blanca en medio de alpacas Huacaya.
Fig. 1. Photograph of the champions in white and colored Suri alpaca in the LVIII FEGASUR 2019. (a) Colored Suri alpaca and (b) White Suri alpaca among Huacaya alpacas.

Muestreo de fibra y juzgamiento de alpacas

Se tomaron muestras de fibra del costillar medio de la alpaca (Aylan-Parker y McGregor, 2002) y se consideró tres factores de análisis (i) sexo (macho y hembra), (ii) patrón de color del vellón (blanco y color) y (iii) categorías de juzgamiento (A1: tuis menor, A2: tuis mayor, B: dos dientes, C: cuatro dientes y D: boca llena (Franco et al., 2009). La composición de la muestra se observa en Tabla 1. Las alpacas provinieron

de las unidades de crianza de alpacas Suri de la región Puno, los mismos que se distribuyen en dos zonas agroecológicas (puna húmeda y puna seca).

Características textiles de la fibra

Las muestras fueron recopiladas y colectadas en envases individuales, y rotuladas con la información necesarias para su identificación. Se utilizó un equipo OFDA 2000 (Analizador

Tabla 1. Composición de la muestra por factor de análisis.**Table 1. Composition of the sample by analysis factor.**

	Factor de análisis	Observaciones
Sexo	Macho	88
	Hembra	90
Color de vellón	Blanco	102
	Colores	76
Categoría de juzgamiento	A1: tuis menor	31
	A2: tuis mayor	48
	B: dos dientes	23
	C: cuatro dientes	29
	D: boca llena	47

de Diámetro de Fibra Óptico) del laboratorio de fibras del PECSA, localizado en la ciudad de Puno. Para el efecto, las muestras fueron limpiadas manualmente, y luego cortadas en fragmentos de fibra de 2 mm, siguiendo la metodología normalizada y aprobada mediante la norma IWTO 47-00 (Wood, 2009).

Carácter tecnológico de la fibra

Las características textiles de la fibra de alpacas Suri consideradas fueron:

- (i) Diámetro medio de la fibra (DMF). Esta característica expresa finura, debido al valor económico que representa al productor alpaquero. Además, este carácter tiene una heredabilidad, con efectos genéticos aditivos relativamente grandes (Aguilar et al., 2019).
- (ii) Factor de confort (FC). Se define como el porcentaje de fibras con un diámetro menor a 30 μm que posee una muestra de vellón (Lupton et al., 2006). No es un carácter técnico de la fibra, sino que está relacionado con el grado de confort que brindan las prendas fabricadas con fibra de alpaca al usuario (Aguilar et al., 2019). En sí, el FC está muy relacionado con la proporción de pelos; pues, a medida que avanza la edad del animal se incrementa la proporción de pelos en la especie (Calcina, 2012). Intuitivamente se puede concebir que existe una relación inversa muy estrecha entre el FC y el DMF en alpacas, a mayor diámetro medio de fibra el factor confort disminuye; consecuentemente, el carácter que guarda mayor relación con el factor confort es el diámetro de fibra, dado que ambas se refieren a la finura de la fibra.
- (iii) Desviación estándar del diámetro de fibra (DEDMF). Muestra la variabilidad del diámetro de la fibra.
- (iv) Coeficiente de variabilidad del diámetro de fibra (CVDM). Proporciona una medida

estandarizada de variabilidad que puede usarse para comparar diferentes DMF. Valores bajos indica que los datos están más uniformemente distribuidos alrededor del promedio, mientras que un valor alto señala una mayor dispersión.

- (v) Curvatura de fibra (CU). Es una característica textil relacionada con la frecuencia del número de rizos, mide el ángulo en el rizado de la fibra en $^\circ/\text{mm}$; su importancia depende del propósito de uso del vellón, por ejemplo, las telas con altos valores de CU tienen mayores propiedades de aislamiento (Holt y Scott, 1997).
- (vi) Longitud de mecha (LM). Es una característica importante en fibra de alpacas, referido a la media del largo de las mechales en un lote de fibra, es una medida crucial que define el proceso textil al que será sometida. Es decir, especifica la orientación técnica del tratamiento de la fibra sea esta la técnica de cardado o peinado (Silva, 2019). Las medidas recomendadas de LM en alpacas oscilan entre 8 a 10 cm al momento de esquilar (Gandarillas et al., 2022). Fibras con LM mayor a 7,5 cm se destinan al peinado y los de menor longitud serán dirigidos al cardado (Solís, 2000).

Diseño y Análisis estadístico

Se consideró tres factores de análisis: (i) sexo (macho y hembra), (ii) color del vellón (blanco y colores) y (iii) categorías de juzgamiento (A1, A2, B, C y D), utilizando un diseño completo al azar, con un arreglo factorial de $2 \times 2 \times 5$, con diferentes repeticiones por combinación de tratamientos. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey-Kramer ($\alpha = 0,05$). Se empleó el Software utilizado fue Statistical Analysis System (SAS) V. 9.4. La relación de asociación dentro caracteres de cada factor fue determinada recurriendo al coeficiente producto momento de

Pearson (r), y su significancia implicó la aplicación de la prueba estadística de t bajo el supuesto de que ρ (ϱ) es verdadero.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diámetro medio de la fibra

Existe escasa información científica disponible sobre este carácter en alpacas Suri, más aún, en alpacas de hatos selectos. La información disponible muestra que las investigaciones encontradas fueron a nivel de majada general, abordando aspectos de zona ecológica (puna húmeda y puna seca), en la región Puno. Otros atributos considerados dentro de cada hato fueron el sexo, edad, color de fibra (Velarde, 2021; Bautista y Medina, 2010; Velarde, 2011; Calcina, 2012; Checmapocco et al., 2013; Calsin, 2017; García, 2019; Quispe, 2018; Flores 2009); precisando rangos de valores mínimo y máximo específicos para cada aspecto o atributo referidos, y mostrando testimonio de la variabilidad de estos, sin dar evidencia de la causa de su fuente.

La literatura indicada sugiere que el carácter diámetro de la fibra en alpacas Suri está comprendido dentro de un amplio rango de valores de 18,25 a 27,90 μm . Sin embargo, los hallazgos de este estudio indican que el DMF fluctúa en el rango de valores extremos de 16,00 a 38,70 μm , valores que superan a los de las investigaciones citadas (Tabla 2). Es decir, estos hallazgos indican la presencia de alpacas Suri en la Región Puno con diámetros de fibra más bajos que los reportados en investigaciones anteriores tanto en las zonas agroecológicas de puna seca (Flores, 2009; Quispe,

2018) y puna húmeda (Bautista y Medina, 2010; Velarde, 2011; Calcina, 2012; Checmapocco et al., 2013; Calsin, 2017; García, 2019; Huanchi 2018); así como por el efecto del sexo (Calcina, 2012; Checmapocco et al., 2013; Quispe, 2018), de la edad (Bautista y Medina, 2010; Velarde, 2011; Calcina, 2012; Checmapocco et al., 2013; Calsin, 2017; Huanchi, 2018; García, 2019) y por el color del vellón (Calcina, 2012). Se carece de información científica disponible que explique las razones de las diferencias o no de este carácter por el efecto de factores intrínsecos de las alpacas de esta raza, así como también de factores ambientales.

La Tabla 2 evidencia que el DMF en alpacas Suri selectas, para concurso en la LVIII FEGASUR, fue de $22,14 \pm 3,42 \mu\text{m}$, con valores muy próximos a este, por el efecto del sexo, patrón de color y categoría de juzgamiento, evidenciando similitudes y diferencias significativas dentro de cada factor. Valores de DMF relativamente diferentes fueron determinados en alpacas de la raza Suri en la región Cusco; Pinares et al. (2017) para un número menor de alpacas, determinaron un DMF igual a 24,71 μm ; por su lado, Llactahuamani et al. (2020), para similar número de alpacas, determinaron un DMF de 20,35 μm .

Este estudio permite inferir que existe un comportamiento similar de los valores de DMF por el efecto del sexo (Málaga et al., 2022) y edad del animal (Pinares 2017); este último, implica que el efecto de las categorías determina que el DMF varía de 20,43 a 24,23 μm , siendo similar y diferentes en algunos estadios de edad (Málaga et al., 2022). En potestad de ello, las alpacas A1 (20,43 μm , tuis

Tabla 2. Diámetro medio de fibra (DMF) y factor de confort (FC) de fibra de alpacas Suri.
Table 2. Mean diameter fiber (DMF) and comfort factor (FC) of Suri alpaca fiber.

Factor	N	Diámetro medio de fibra [μm]		Factor de confort [%]	
		Promedio \pm DE	V. Ext.	Promedio \pm DE	V. Ext.
Sexo					
Hembra	90,00	21,30 \pm 2,67a	16,40 - 29,90	92,37 \pm 5,68b	64,90 - 99,00
Macho	88,00	23,00 \pm 3,87b	16,00 - 38,70	87,74 \pm 12,47a	14,20 - 98,50
Patrón de color					
Blanco	102,00	21,20 \pm 2,64a	16,00 - 28,70	92,91 \pm 5,06b	70,50 - 99,00
Color	76,00	23,41 \pm 3,93b	17,10 - 38,70	86,29 \pm 13,09a	14,20 - 97,90
Categoría de juzgamiento					
A1	31,00	20,43 \pm 2,59c	16,80 - 25,90	92,86 \pm 4,07a	80,90 - 98,30
A2	48,00	21,05 \pm 2,74cb	16,00 - 27,80	92,90 \pm 5,29a	74,90 - 99,00
B	23,00	22,47 \pm 3,05 b	16,40 - 31,50	89,83 \pm 9,14a	53,60 - 98,10
C	29,00	22,12 \pm 2,45b	17,60 - 27,70	91,46 \pm 5,27a	75,90 - 98,40
D	47,00	24,23 \pm 4,14a	17,40 - 38,70	84,65 \pm 15,37b	14,20 - 97,80
General		22,14 \pm 3,42	16,00 - 38,70	90,08 \pm 9,90	14,20 - 99,00

DE = Desviación Estándar; V. Ext. = Valores extremos.

Letras superíndices iguales indican que no hay diferencias entre medias ($P \leq 0,05$).

menor) y A2 (21,05 μm , tuis mayor) presentan fibras más finas, y que, a mayor categoría, la fibra tiende a engrosar sustancialmente ($P \leq 0,05$). En cuanto al color del vellón, las fibras blancas tienen mayor finura (21,20 μm) que las de color (23,41 μm) ($P \leq 0,05$).

Estos resultados permiten deducir que la fibra de alpacas Suri del Altiplano peruano resalta por la finura y la alta variabilidad, atribuible a factores de naturaleza genética y ambiental (Calcina, 2012; Calsin, 2017; Quispe, 2018; Flores, 2009), aun cuando, la finura de las alpacas Suri, exhibidas en la FEGASUR, se encuentran dentro del rango de los reportes revisados en la región Puno (Bautista y Medina, 2010; Velarde, 2011; García 2019).

Factor de confort

La magnitud del valor para el carácter FC, obtenido en este estudio, fue de $90,08 \pm 9,90\%$. Valores similares de $89,46 \pm 0,31$ y $93,59\%$, fueron reportados alpacas Suri de la región Puno (Málaga et al., 2022) y región Cusco (Llactahuamani et al., 2020), respectivamente, diferencias atribuibles a efectos aleatorios de muestreo y localidad. Es necesario precisar el comportamiento del carácter respecto de lo que se manifiesta en alpacas Huacaya, en las que se evidencia un valor promedio general del FC, ligeramente mayor, así como también mayores por el efecto del sexo y color del vellón (Gandarillas et al., 2022), de manera similar (Quispe et al., 2009) evaluaron alpacas Huacaya de color blanco provenientes de ocho comunidades de la región de Huancavelica (Perú), de distintas edades y sexos, encontrado valores promedios (%) del FC para grupos de edad: animales diente de leche, $90,25 \pm 0,29$; para dos dientes, $93,80 \pm 0,58$; para cuatro dientes, $91,03 \pm 0,88$ y para boca llena, $90,25 \pm 1,38$, diferencias que pueden ser explicadas por efecto raza, más precisamente por efecto implícito propio de las características de la fibra del vellón de las alpacas de ambas razas.

La Fig. 2 muestra tendencias de los atributos de fibra de alpacas Suri por categoría: (a) Tendencia del DMF y FC; (b) Tendencia de la Desviación estándar del diámetro de fibra (DEDMF) y Coeficiente de variabilidad del diámetro de fibra (CVDM) y (c) Tendencia de la Curvatura de fibra (CU) y Longitud de mecha (LM), de los cuales es factible deducir el comportamiento dinámico de los mismos a través del tiempo.

Desviación estándar del Diámetro medio de la fibra (DEDMF)

La Tabla 3 muestra la DEDMF y Coeficiente de variabilidad del diámetro de fibra (CVDM) de la fibra de alpacas Suri del estudio. Se infiere que

el carácter DEDMF tiene un valor medio general de $7,59 \pm 1,88 \mu\text{m}$, con valores similares por el efecto del sexo, color del vellón y categoría de juzgamiento, denotando similitudes o diferencias entre niveles dentro de cada factor. Valores que se consideran relativamente altos, dado que la totalidad de los datos estarían considerados entre valores que exceden a valores de la media aritmética considerados como extremos.

En la literatura revisada, para las alpacas Suri, no existe mayores referencias con relación a los atributos DEDMF; aun cuando tienen importancia para la industria textil. Algunos referentes científicos dan versión del carácter en alpacas Huacaya (Gandarillas et al., 2022), ofreciendo valores relativamente menores, por los efectos del sexo, edad, color del vellón y localidad. De manera similar, Quispe (2018), en alpacas de la raza Huacaya de plantel, reporta valores del carácter menores al encontrado en el presente estudio, considerando este resultado al efecto de mayor presión de selección que se ejerce en esta raza de alpacas.

La DEDMF de las alpacas Suri machos muestran mayor valor (7,99 μm) que las hembras (7,21 μm), los mismos que difieren ($P \leq 0,05$); la fibra de las alpacas hembra muestra menor variación que la fibra de los machos; no evidencian diferencias estadísticas por el efecto del color del vellón, respecto a las categorías de juzgamiento, la DEDMF muestra un comportamiento irregular; todas carecen de significado trascendente en términos de inferencia y comparaciones.

Coeficiente de variabilidad del diámetro de fibra (CVDM)

Los resultados respecto al carácter CVDM asume un valor promedio general de $34,26 \pm 6,1\%$ con valores extremos que oscilan entre 24,8 a 61,7% para el DMF, valores semejantes se registran por el efecto del sexo, color y categoría de juzgamiento, considerando similitudes y diferencias entre niveles de cada factor (Tabla 3). Para el carácter DMF en alpacas Suri, Málaga et al. (2022) reportan valores de CVDM semejantes en ambas razas de alpacas; $23,73 \pm 0,11\%$ para las Suri y $23,08 \pm 0,05\%$ para las Huacaya, respectivamente. Por su lado, García (2019), para la misma raza, determina un CVDM de $24,46 \pm 1,80\%$, en ambos referentes los valores se consideran semejantes. De manera similar, Flores (2009), en alpacas Suri de la provincia de Tarata – Tacna, reportó el CVDM de 14, 18, 12 y 9% para las edades de 1, 2, 3 y 4 años, respectivamente, los que se encuentran por debajo de los valores hallados en el presente estudio. Contrariamente, valores relativamente altos para el CVDM fueron reportados en alpacas Huacaya (Ramos, 2018).

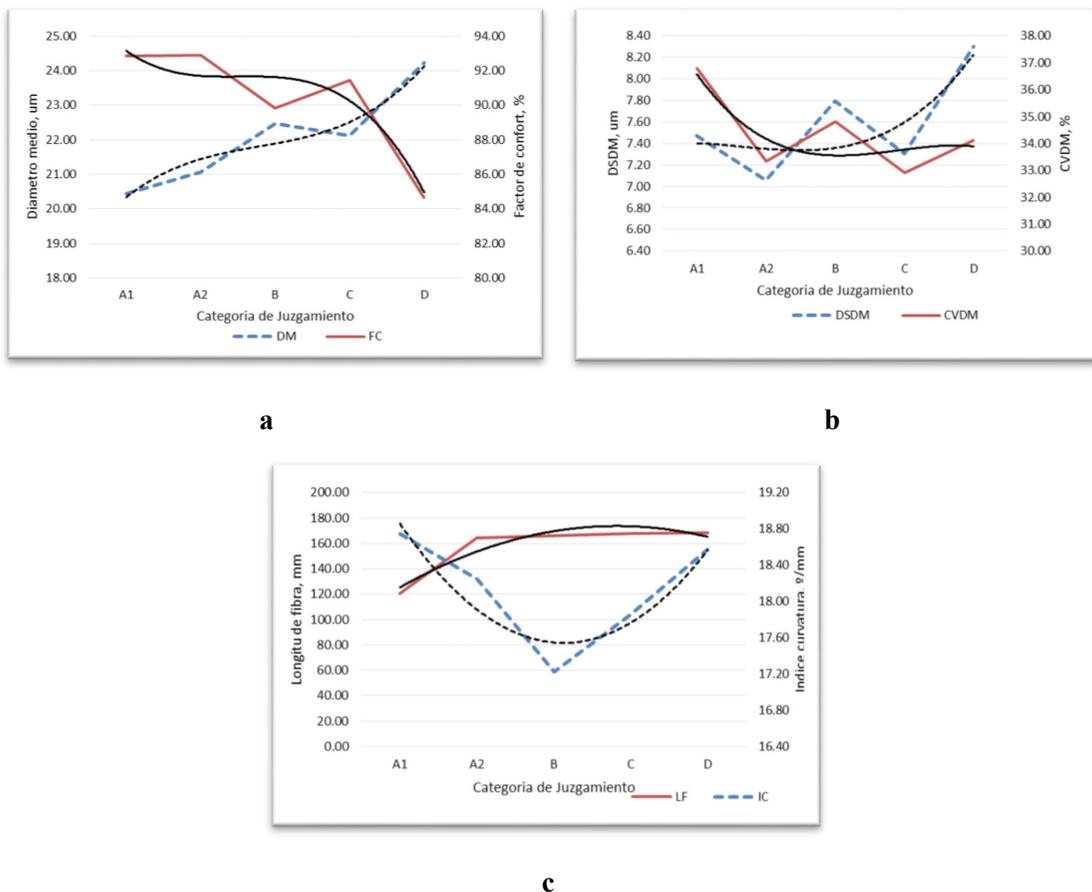


Fig. 2. Tendencias de los atributos de fibra de alpacas Suri por categoría: (a) Tendencia del DMF y FC; (b) Tendencia de la DEDMF y CVDM y (c) Tendencia del CU y LM.

Fig. 2. Trends in attributes by category of Suri alpaca fiber: (a) DMF and FC trend; (b) DEDMF and CVDM trend; and (c) CU and LM trend.

De lo expuesto, los valores del CVDM permiten inferir acerca de la magnitud de la dispersión del DMF en alpacas Suri por el efecto de diferentes factores, incluyendo la raza de los mismos. Es necesario precisar que en este proceso de inferencia no se incluye la significancia de estos.

Índice de curvatura (CU)

Los resultados del presente estudio determinan que la CU de las alpacas Suri asume un valor promedio general de $18,22 \pm 3,53$ °/mm con valores similares muy próximos a este por el efecto de sexo, color del vellón y categoría de juzgamiento, mostrando similitudes y diferencias entre los niveles dentro de los factores considerados (Tabla 4). Referentes científicos de este parámetro, indican que en alpacas tuis de un año del sector Chocoquilla – Carabaya (Puno), su valor fue que de $18,15$ °/mm (Díaz, 2014). En los centro experimentales Chuquibambilla y La Raya, en alpacas Suri machos y de un año,

Calsin (2017), reporta CU de $15,88$ y $18,32$ °/mm, respectivamente ($P \leq 0,05$). Por su lado, García (2019), en alpacas Suri hembras, de uno a nueve años, del CE Chuquibambilla, señala que los CU varían de $23,92$ a $20,52$ °/mm, los que fueron diferentes al análisis estadístico ($P \leq 0,05$). De manera similar, Llactahuamani et al. (2020) reportan un valor de $15,43$ °/mm en alpacas Suri en la región de Cusco.

La curvatura del rizo está relacionada con la frecuencia del número de rizos, CU menores a 20 °/mm, se describe como curvatura baja; curvaturas en un rango de $40 - 50$ °/mm, se le considera una curvatura media y si sobrepasa los 50 °/mm, es considerada como una curvatura alta (Holt y Scott, 1997). En este contexto, los obtenidos en el presente estudio, se asumen como de curvatura baja, y los de alpacas Suri de la Región Puno asumen valores de CU bajas a medias.

Con base a los resultados obtenidos, es factible inferir que las diferencias en CU son atribuibles:

Tabla 3. Desviación estándar y coeficiente de variación del diámetro medio de fibra de alpacas Suri.
Table 3. Standard deviation and coefficient of variation of mean fiber diameter of Suri alpacas.

Factor	N	Desviación estándar del diámetro medio [μm]		Coeficiente de Variación del diámetro medio [%]	
		Promedio \pm DE	V. Ext.	Promedio \pm DE	V. Ext.
Sexo					
Hembra	90,0	7,2 \pm 1,47a	4,3 - 10,8	33,84 \pm 5,4a	25,2 - 53,3
Macho	88,0	7,9 \pm 2,16b	4,5 - 19,4	34,69 \pm 6,7a	24,2 - 61,7
Patrón de color					
Blanco	102,0	7,4 \pm 1,78a	4,3 - 12,9	34,77 \pm 6,5a	24,2 - 54,1
Color	76,0	7,8 \pm 1,98a	5,2 - 19,4	33,58 \pm 5,5a	26,4 - 61,7
Categoría					
A1	31,0	7,4 \pm 1,2ab	4,7 - 10,3	36,79 \pm 5,7a	27,2 - 53,3
A2	48,0	7,1 \pm 1,7b	4,3 - 12,0	33,33 \pm 5,8b	24,6 - 51,1
B	23,0	7,8 \pm 1,6ab	5,0 - 12,9	34,82 \pm 6,3ab	26,4 - 54,1
C	29,0	7,3 \pm 1,6b	5,1 - 11,4	32,92 \pm 5,9b	25,8 - 50,0
D	47,0	8,3 \pm 2,4a	5,2 - 19,4	34,10 \pm 6,4ab	24,2 - 61,7
General	178,0	7,6 \pm 1,9	4,3 - 19,4	34,26 \pm 6,1	24,2 - 61,7

DE = Desviación Estándar; V. Ext. = Valores extremos.

Letras superíndices iguales indican que no hay diferencias entre medias ($P \leq 0,05$).

Tabla 4. Índice de curvatura y longitud de fibra de alpacas Suri.
Table 4. Curvature index and fiber length of Suri alpacas.

Factor	N	Índice de curvatura [$^{\circ}/\text{mm}$]		Longitud de mecha [mm]	
		Promedio \pm DE	V. Ext.	Promedio \pm DE	V. Ext.
Sexo					
Hembra	90,0	18,8 \pm 3,5a	13,4 - 31,1	158,4 \pm 27,3a	60,0 - 171,0
Macho	88,0	17,7 \pm 3,5a	10,5 - 31,8	158,6 \pm 26,6a	55,0 - 172,0
Patrón de color					
Blanco	102,0	19,3 \pm 3,5b	11,3 - 31,8	161,7 \pm 21,9a	80,0 - 172,0
Color	76,0	16,8 \pm 3,1a	10,5 - 25,3	154,2 \pm 31,9a	55,0 - 171,0
Categoría					
A1	31,0	18,7 \pm 3,1a	13,4 - 26,3	120,6 \pm 42,2b	55,0 - 170,0
A2	48,0	18,2 \pm 3,4a	13,5 - 28,0	163,9 \pm 12,9a	110,0 - 171,0
B	23,0	17,2 \pm 3,7a	12,9 - 25,6	165,9 \pm 16,7a	90,0 - 172,0
C	29,0	17,8 \pm 3,5a	10,5 - 27,8	167,7 \pm 10,3a	115,0 - 172,0
D	47,0	18,6 \pm 3,8a	11,4 - 31,8	168,5 \pm 8,1a	115,0 - 171,0
Total	178,0	18,2 \pm 3,53	10,5 - 31,8	158,51 \pm 26,8	55,0 - 172,0

DE = Desviación Estándar; V. Ext. = Valores extremos.

Letras superíndices iguales indican que no hay diferencias entre medias ($P \leq 0,05$).

al patrón de color del vellón, en alguna medida al color del vellón; se precisa que las alpacas Suri presentan valores ligeramente menores que en alpacas Huacaya (García, 2019), debido a características inherentes a la raza, pues las alpacas Huacaya presentan mechales de menor longitud, con rizos pronunciados a lo largo de la misma; en tanto, las fibras de alpacas Suri son más largas, organizadas en rulos y carentes de rizo (Quispe et

al., 2016; Bustinza, 2001). Respecto a la tendencia del CU (Fig. 2 c), muestra una tendencia no lineal a manera de una parábola invertida; pues a temprana edad y a la edad adulta exhibe valores altos, respecto a las categorías intermedias.

Longitud de mecha

La información científica disponible es escasa respecto a este parámetro en alpacas Suri.

Tabla 5. Correlaciones de Pearson de las características tecnológicas de la fibra de alpacas Suri.
Table 5. Pearson's correlations of main attributes of Suri alpaca fiber.

	DMF	FC	DEDMF	CVDM	CU	LM
DMF	1,000	<,0001	<,0001	0,537	<,0001	0,000
FC	-0,904	1,000	-0,568	-0,040	<,0001	0,122
DEDMF	0,652	<,0001	1,000	<,0001	0,001	0,733
CVDM	0,047	0,598	0,776	1,000	0,342	0,002
CU	-0,539	0,451	-0,258	0,072	1,000	0,183
LM	0,266	-0,116	0,026	-0,226	-0,100	1,000

DMF = Diámetro medio; DEDMF = Desviación estándar del diámetro medio; CVDM = Coeficiente de variación del diámetro medio; FC = Factor de confort, CU = Curvatura de fibra; LM = Longitud de mecha.

Algunos referentes tradicionales como Aliaga (1989) refiere una media de 14.10 cm; Álvarez (1981) indica una media de la LM de 14,50 cm; de manera similar, Pinazo (2000) refiere una media de 13,54 cm. A su vez, en estudios de Villasante (2007), este reporta una media general de 13,67 cm. Asimismo, Flores (2009) indica una media de 150,47 ± 47 mm. En Bolivia, Quispe (2016) refiere un valor de 18,7 ± 5,5 cm, para alpacas Suri.

El valor determinado para la característica en el presente estudio ofrece una media general de 158,51 ± 26,87 mm, con valores muy próximos por el efecto del sexo, color del vellón, evidenciándose similitudes entre los niveles de estos factores, con respecto al factor Categoría de juzgamiento si es evidente la existencia de similitudes y diferencia. Es axiomático que los valores encontrados en el estudio no guardan grandes diferencias con los de las referencias tradicionales y actuales, aun sí cuando son contrastados con alpacas de majada general y método utilizado para su determinación.

Correlaciones entre características textiles

La Tabla 5 muestra los coeficientes de correlación entre las principales características textiles de fibra de alpacas Suri; los mismos que asumen valores diferentes que cuantifican la relación de asociación entre variables, siendo estos positivos y negativos. Valores debajo de la diagonal señalan los coeficientes de la correlación de Pearson; y valores por encima de la diagonal indican la significancia de la relación de asociación ($P \leq 0,05$).

Atendiendo al grado de asociación entre las variables; para el caso de las características tecnológicas de la fibra de alpacas Suri, se clasifican en asociación excelente entre las características DMF y FC ($r = -0,904$); habría asociación regular entre las variables DMF y DEDMF ($r = 0,652$); DEDMF y CVDM ($r = 0,776$); y

correlación mínima entre los atributos DMF y CU ($r = -0,539$), DEDMF y FC ($r = -0,568$) y FC y CU ($r = 0,451$); valores de coeficientes de correlación por debajo de $r = 0,30$ señalarían la ausencia del grado de asociación entre dichas características tecnológicas.

El DMF evidencia alto grado de asociación con el FC; ello implica que la fibra fina ofrecerá mayor comodidad, debido a la menor proporción de fibras mayores a 30 μm . Además, a mayor finura habrá mayor rendimiento al hilado.

Existe una fuerte relación negativa entre la media del DMF y el CU de la fibra (0,6 - 0,8), donde fibras con alta curvatura tienen fibras con menor diámetro. El DMF y CU tienen una correlación de 0,72 y se puede observar que cuando el micronaje aumenta de 15 a 35 micras el índice de curvatura disminuye de 50 a 30 $\%/mm$ (McGregor y Postle, 2002).

CONCLUSIONES

La fibra de alpacas de la raza Suri, admitidas a concurso en la LVIII FEGASUR 2019, evidencian características tecnológicas particulares de calidad. El DMF, carácter referencial, tuvo una media general de 22,14 ± 3,42 μm , con valores muy próximos por el efecto del sexo, color del vellón y edad. Estadísticos y características tecnológicas relacionadas al DMF acreditan la calidad de la fibra; contexto que visualiza la calidad genética de las alpacas a nivel de los rebaños élite en la Región Puno.

RECOMENDACIONES

Se sugiere llevar a cabo estudios adicionales con animales en otras ferias representativas en otras regiones. Las alpacas que participan en las ferias son las que se usan como animales diseminadores de las características de la fibra

en el hato y comercializan como reproductores. Por tanto, es necesario conocer las características de la fibra de estos ejemplares para garantizar la mejora genética y la calidad de la producción de fibra.

LITERATURA CITADA

- Aguilar, H., R. Gustavo Gutiérrez, and M. Wurzinger. 2019. Genetic parameters of characters associated with the uniformity of fibre diameter in alpacas Huacaya in Puno, Peru. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 30(3):1150-1157. DOI: <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i3.15370>.
- Aliaga, J. 1989. Introducción a la crianza de alpacas en el Perú. Lima - Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. p. 95.
- Álvarez, J. 1981. Dimensiones físicas de la fibra de alpaca en la CAP Huaycho Ltda. N°44. s.l., Universidad Nacional del Altiplano. 76 p.
- Andy, A., and C. Tillman. 2006. Surface scanning electron microscopy of suri alpaca fiber and other members of the camel family. *Science* (311):85-171.
- Atav, R., and F. Türkmen. 2015. Investigation of the dyeing characteristics of alpaca fibers (Huacaya and Suri) in comparison with wool (en línea). *Textile Research Journal* 85(13):1331-1339. DOI: <https://doi.org/10.1177/0040517514563727>.
- Aylan-Parker, J., and B. McGregor. 2002. Optimising sampling techniques and estimating sampling variance of fleece quality attributes in alpacas (en línea). *Small Ruminant Research* 44(1):53-64. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(02\)00038-X](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(02)00038-X).
- Bautista, J., y G. Medina. 2010. Efecto de la edad en la finura de la fibra de alpacas alimentadas en pastos naturales CIP La Raya Puno. *Allpak'a - Revista de Investigación en Camelidos Sudamericanos* 15(1).
- Bustinza, V. 2001. La alpaca: conocimiento del gran potencial andino. Primera. FMVZ-UNA-Puno (ed.). Puno, Instituto de Investigación y Promoción de Camélidos Sudamericanos - IIPC. 200 p.. 496 p. Disponible en https://biblioteca.unap.edu.pe/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=10375.
- Calcina, A. 2012. Diámetro de fibra y porcentaje de pelos en alpacas Suri de color – Rural Alianza –Puno. s.l., Universidad Nacional del Altiplano. .
- Calsin, B. 2017. Determinación del efecto de la variación ecológica y épocas del año en la calidad de fibra de Alpacas de la raza Suri en los CIPs Chuquibambilla y la Raya (en línea). s.l., Universidad Nacional del Altiplano. 153 p. Disponible en <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/6772>.
- Checmapocco, O., B. Calsín, J. Quispe, y Z. Maquera. 2013. Peso de vellón y efecto del sexo y zona corporal en el diámetro de fibra, coeficiente de variabilidad y factor de confort en alpacas suri a la primera esquila de la asociación Urinsaya puna-Nuñoa. *Revista de Investigaciones Allpak'a* 18(1):75-80.
- Díaz, J. 2014. Principales características de la fibra de alpacas huacaya y suri del sector Chocoquilla - Carabaya (en línea). s.l., Universidad Nacional del Altiplano. 1-56 p. Disponible en <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/2053>.
- Flores, A. 2009. Determinación del diámetro de fibra y longitud de mecha en alpacas (*Lama pacos*) de la Provincia de Tarata - Tacna (en línea). s.l., Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. 39-68 p. Disponible en <https://repositorio.unjbg.edu.pe/items/84b11a2f-feb0-40d9-b28f-1f39c2774e84>.
- Franco, M., D. Pezo, W. García, y F. Franco. 2009. Manual de juzgamiento de alpacas y llamas (en línea). Primera. Lima, Soluciones Prácticas. 1-72 p. Disponible en <http://www.funsepa.net/soluciones/pubs/NjM3.pdf>.
- Gandarillas, D., A.E. Quispe, A. Puma, E.A. Torres, R.M. Rios, y J. E. Quispe. 2022. Características textiles de la fibra de alpacas Huacaya en comunidades altoandinas de la región Tacna, Perú (en línea). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 33(5):e23791. DOI: <https://doi.org/10.15381/rivep.v33i5.23791>.
- García, N. 2019. Características textiles de la fibra de alpacas hembras suri del CIP Chuquibambilla (en línea). s.l., Universidad Nacional del Altiplano. 83 p. Disponible en <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/13113>.
- Holt, C., and S. Scott. 1997. A survey of Suri alpaca fleece characteristics. A report to the Australian Suri Breeders Network. Australia, Melbourne Institute of Textiles. p. 1-20.
- Huanchi, V. 2018. Fenotipificación de alpacas Suri en el Centro de Investigación y Producción Chuquibambilla (en línea). s.l., Universidad Nacional del Altiplano. 74 p. Disponible en <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/11862>.

- Instituto Geográfico Nacional (IGN). 2024. Información geoespacial fundamental (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.idep.gob.pe/geovisor/VisorDeMapas/>.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). 2012. IV Censo Nacional Agropecuario 2012: Resultados Preliminares (en línea). Lima - Perú, Instituto Nacional de Estadística e Informática. 1-93 p. Disponible en https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1057/libro.pdf.
- Llactahuamani, I., E. Ampuero, E. Cahuana, y H. Cucho. 2020. Calidad de la fibra de alpacas Huacaya y Suri del plantel de reproductores de Ocongate, Cusco, Perú (en línea). Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú 31(2):e17851. DOI: <https://doi.org/10.15381/rivec.v31i2.17851>.
- Lupton, C.J., A. McColl, and R.H. Stobart. 2006. Fiber characteristics of the Huacaya Alpaca (en línea). Small Ruminant Research 64(3):211-224. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.04.023>.
- Málaga, J., A.W. Canaza, W. Yana, U.H. Pérez, y F.H. Rodríguez. 2022. Características de la fibra de alpacas en la zona agroecológica seca en el altiplano peruano (en línea). Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú 33(6):e22401. DOI: <https://doi.org/10.15381/rivec.v33i6.22401>.
- Matute, G., K. Holgado, y I. Vásquez. 2009. Clúster alpaquero en la región Puno (en línea). Primera. Lima - Perú, Universidad ESAN. 157 p. Disponible en <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/cluster-alpaquero-en-la-region-puno>.
- McGregor, B.A., and R. Postle. 2002. Single yarn knitted fabrics produced from low and high curvature superfine Merino Wool (en línea). Textile Research Journal 50(4):691-697. DOI: <https://doi.org/10.1177/0040517509103948>.
- Pinares, R. 2017. Parámetros genéticos para la medulación y el diámetro de fibra en alpacas (*Vicugna pacos*) Huacaya del Fundo Experimental Pacamarca (en línea). s.l., Universidad Nacional Agraria La Molina. 23-24 p. Disponible en <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3033>.
- Pinazo, R. 2000. Algunas características físicas de la fibra de alpaca Huacaya y Suri del C.E. La Raya. s.l., Universidad Nacional del Altiplano. 68 p.
- Presciuttini, S., A. Valbonesi, N. Apaza, M. Antonini, T. Huanca, and C. Renieri. 2010. Fleece variation in alpaca (*Vicugna pacos*): a two-locus model for the Suri/Huacaya phenotype (en línea). BMC Genetics 11(1):70. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2156-11-70>.
- Quispe, E.C., L. Alfonso, A. Flores, H. Guillén, y Y. Ramos. 2009. Bases para un programa de mejora de alpacas en la región altoandina de Huancavelica- Perú (en línea). Archivos de Zootecnia 58(224):705-716. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49519040008>.
- Quispe, J. 2016. Caracterización fenotípica de alpacas Suri conservadas en las comunidades de Huacochani e Hichocollo del departamento de La Paz (en línea). Revista Científica de Investigación INFO-INIAF 1:37-42. Disponible en http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/pdf/rciii/v1n8/v1n8_a05.pdf.
- Quispe, J. 2018. Efectos biológicos y ambientales sobre las características de producción de carne y fibra de alpacas del CIP Quimsachata - INIA, Puno (en línea). s.l., Universidad Nacional del Altiplano. 224 p. Disponible en <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/9517>.
- Quispe, J., E. Apaza, D. Quispe, y N. Morocco. 2016. De vuelta a la alpaca: La producción primaria en una perspectiva empresarial y competitiva. Primera. Puno - Perú, Universidad Nacional del Altiplano. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Jesus-Quispe-Coaquira/publication/342350016_De_vuelta_a_la_ALPACA_La_produccion_primaria_en_una_perspectiva_empresarial_y_competitiva/links/5eefe753a6fdcc73be94294d/De-vuelta-a-la-ALPACA-La-produccion-primaria-en-una-perspectiva-empresarial-y-competitiva.pdf.
- Ramos, V. 2018. Características fenotípicas de la fibra de alpaca Huacaya en la región Apurímac (en línea). s.l., Universidad Nacional del Altiplano. 87 p. Disponible en <http://tesis.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/8929>.
- Renieri, C., E.N. Frank, A.Y. Rosati, y M. Antonini. 2009. Definición de razas en llamas y alpacas (en línea). Animal Genetic Resources Information 45(April 2014):45-54. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1014233909990319>.
- Velarde, J. 2011. Diámetro de fibra y porcentaje de pelos de alpacas hembras de raza Suri. s.l., Universidad Nacional del Altiplano. 75 p.
- Velarde, O. 2021. Características textiles de la fibra de alpacas Huacaya y Suri en el sector Alto Anansaya Puna, Nuñoa, Melgar, Puno (en línea). s.l., Universidad Nacional Del Altiplano. 95 p. Disponible en <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/15061>.

- Villasante, H. 2007. Efecto de la raza, sexo y color del animal en los parámetros productivos de alpacas hasta doce meses de edad (en línea). s.l., Universidad Nacional del Centro del Perú. 118 p. Disponible en <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/2951>.
- Wang, X., L. Wang, and X. Li. 2003. The quality and processing performance of alpaca fibres: A report for the rural industries research and development corporation (en línea). s.l., Rural Industries Research and Development Corporation. 1-119 p. Disponible en <https://www.agrifutures.com.au/wp-content/uploads/publications/03-128.pdf>.
- Wood, E. 2009. Fibre diameter measurement of slivers and tops (en línea). s.l., s.e., vol. WOOL472/57. p. 1-16. Disponible en <https://www.woolwise.com/wp-content/uploads/2017/07/Wool-472-572-08-T-16.pdf>.