

Evaluación objetiva de características de finura y resistencia en vellones de llama (*Lama glama*) Ch'aku

Objective evaluation of fineness and resistance characteristics in fleeces of Ch'aku llama (*Lama glama*)

Hurley Quispe-Ccasa^{1,4}, Nélida Llocallasi¹, Wilber Choquepuma², Nancy Huanca¹, Ilse Cayo-Colca³, José Saucedo U.³, Enrique Ampuero¹, Hernán Cucho¹

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar la relación entre las características de finura y la resistencia de vellones de llamas Ch'aku. Se muestrearon 76 llamas del plantel de reproductores del Centro de Investigación de Camélidos Sudamericanos CICAS - La Raya, Perú. Se determinaron las características de finura de fibra (Media del Diámetro de Fibra [MDF, μm], Coeficiente de Variabilidad de la Media del Diámetro de Fibra [CVMDF, %], Factor de Confort [FC, %], Curvatura, rizo [CRV, $^{\circ}/\text{mm}$], Finura al Hilado o *spin fineness* [SF, μm]) en un Analizador Óptico de Diámetros de Fibra (OFDA 2000®) y las características de resistencia de mecha (Longitud de Mecha [LM, mm], Resistencia a la Tracción [RT, N/ktex], y Punto de Quiebre [POB, %]) usando el *Staple Length and Strength Instrument* (SL&SI). Se utilizó un diseño completo al azar con un arreglo factorial, mediante pruebas paramétricas y no paramétricas. Los resultados indicaron efecto del sexo, edad y sexo*edad, sobre los caracteres en estudio ($p < 0.05$), donde la mejor finura se atribuye a llamas hembras, llamas de 2-3 años y a llamas hembras de 2-3 años de edad; sin embargo, la mayor LM y RT corresponde a llamas macho (10.28 cm y 69.11 N/ktex, respectivamente) y la menor en animales > 5 años (57.61 N/ktex). El POB cercano al 50% es indeseable debido al afinamiento por estiaje en un periodo de crecimiento bienal de fibra.

¹ Escuela Profesional de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú

² Escuela Profesional de Ingeniería Agropecuaria, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú

³ Escuela de Posgrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú

⁴ E-mail: hurleyabelqc@gmail.com

Recibido: 30 de abril de 2019

Aceptado para publicación: 12 de marzo de 2020

Publicado: 22 de junio de 2020

Se halló correlación significativa entre las características de finura y escasamente con las características de resistencia. La fibra de llamas Ch'aku en el CICAS-La Raya posee importantes características de finura y resistencia, pero sin vinculación entre ambos tipos de características.

Palabras clave: llama Ch'aku, finura de fibra, resistencia de mecha, OFDA2000®, IWTO, correlación

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the relationship between fineness characteristics and resistance of Ch'aku llama fleeces. Seventy-six llamas from the breeding stock of the South American Camelids Research Center -CICAS- La Raya, Peru were sampled. Fibre fineness characteristics were determined (Average Fibre Diameter [MDF, μm], Variability Coefficient of Average Fibre Diameter [CVMDF,%], Comfort Factor [FC,%], Curvature, curl [CRV, $^{\circ}/\text{mm}$], Spinning Fineness [SF, μm]) in an Optical Fibre Diameter Analyzer (OFDA 2000®) and fleece strength characteristics (Staple Length [LM, mm], Resistance to Traction [RT, N / ktex], and Position of Break [POB,%]) using the Staple Length and Strength Instrument (SL&SI). A randomized complete design with a factorial arrangement was used, using parametric and non-parametric tests. The results indicated effect of sex, age and sex*age, on the characters under study ($p < 0.05$), where the best fineness is attributed to female llamas, 2-3 year old llamas and 2-3 year old female llamas; however, the highest LM and RT corresponds to male llamas (10.28 cm and 69.11 N/ktex, respectively), and the lowest in animals > 5 years (57.61 N/ktex). The POB close to 50% is undesirable due to the thinning in a period of biennial fibre growth. Significant correlation was found between fineness characteristics and limited with resistance characteristics. The fibre of Ch'aku llamas in the CICAS-La Raya has important characteristics of fineness and resistance, but without linking between both types of characteristics.

Key words: llama Ch'aku, fiber fineness, staple strength, OFDA2000®, IWTO, correlation

INTRODUCCIÓN

Perú y Bolivia concentran la mayor población de llamas a nivel mundial con cerca de cuatro millones de animales; sin embargo, la importancia económica de la llama se ha limitado mayormente a la seguridad alimentaria de las poblaciones altoandinas. El vellón de llama está conformado por fibra fina mezclada con gran cantidad de pelos gruesos o cerdas, por lo que es poco aprovechada dada su heterogeneidad, siendo destinada al autoconsumo para la confección de artículos artesanales.

Se reconocen dos tipos de llamas: K'ara y Ch'aku (T'amphullis en Bolivia y Argentina (Iñiguez *et al.*, 1998), que se diferencian por la cantidad y la calidad de la fibra que producen. Se estima que la producción promedio de fibra de llamas K'ara es de 800 g por animal/año y las llamas Ch'aku de 1500 a 1800 g por animal/año (Stemmer *et al.*, 2005), con una proporción mucho menor de fibras meduladas respecto a vellones de llama K'ara.

Mueller *et al.* (2010) sostiene que el aprovechamiento de la fibra de camélidos sudamericanos (CSA) exige promoción y

calidad diferencial. Por ello es necesario determinar las características de calidad de la fibra de manera objetiva. En este sentido, se disponen de metodologías para la evaluación objetiva de los parámetros de finura y resistencia de lanas y fibras, con métodos de ensayo estandarizados por la International Wool Textile Organisation (IWTO) (Elvira y Jacob, 2004; Sacchero, 2005). Estas evaluaciones son importantes para definir el uso de los vellones en la industria textil (al exhibir sus cualidades en el lavado, cardado, peinado, entre otros), así como para predecir del rendimiento textil o Hauteur Medio Probable (HMP) de los lotes de vellones y, por consiguiente, su precio, el cual generalmente está en función de la cantidad y calidad (Quispe *et al.*, 2013).

Se disponen de escasos reportes de determinación objetiva de parámetros de finura de fibra y resistencia de mecha de CSA, tales como el trabajo de Lupton *et al.* (2006) en alpacas y de Iñiguez *et al.* (1998) y Laimé *et al.* (2016) en llamas, este último utilizando un Optical Fibre Diameter Analyser (OFDA). Las mediciones objetivas de finura y resistencia de fibra de llama pueden posibilitar la predicción del Hauteur de un top de llama, y sería un buen aliciente para la revalorización de la llama como productora de fibra de calidad. Según Gerken (2009), la fibra en los CSA les provee una mejor adaptación a las condiciones medioambientales de baja temperatura y fuertes corrientes de aire, ya que tiene una conductividad térmica mínima debido a que el aire es atrapado en la medula de las fibras y entre las fibras, resultando un aislamiento inmejorable.

Por tal motivo, el objetivo de este estudio fue determinar las características de finura y resistencia de mecha de vellones de llamas Ch'aku, según sexo, edad y región corporal de muestreo, y determinar las correlaciones existentes entre estas variables.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Estudio

El estudio se realizó entre febrero y junio de 2015 en el Centro de Investigación de Camélidos Sudamericanos CICAS - La Raya, de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú. La zona está ubicada a 4133 msnm, con temperaturas promedio anual de 6.5-13.5°C, máximas de 13-14 °C y mínimas entre -5 y 1.9 °C, y precipitaciones de 953 mm, mayormente entre noviembre y marzo (SENAMHI, 2015). La pradera natural para el pastoreo estuvo constituida por *Festuca dolichophylla*, *Alchemilla pinnata*, *Calamagrostis vicunaru* y *Muhlenbergia fastigiata*, entre otros (Puma, 2014).

Animales y Muestreo de Fibra

Se muestrearon 76 llamas Ch'aku del plantel de reproductores, esquiladas en octubre de 2014 (63 hembras y 13 machos). Las hembras fueron categorizadas en tres grupos de 21 animales cada uno, de acuerdo con la edad según su registro de nacimiento o cronometría dentaria en: 2 dientes (2-3 años), 4 dientes (3-5 años) y boca llena (>5 años). En el caso de los machos, se contó con 4 animales de 2 dientes, 5 de 4 dientes y 4 de boca llena. Las muestras de fibra se tomaron de seis regiones del cuerpo: paleta izquierda (PI), paleta derecha (PD), costillar izquierdo (CI), costillar derecho (CD), anca izquierda (AI) y anca derecha (AD), según Huanca *et al.* (2007).

Las muestras fueron almacenadas en bolsas de polietileno con datos de identificación, fecha de nacimiento, longitud de mecha y zona de muestreo. Para eliminar el exceso de humedad las muestras fueron secadas en una estufa con aire forzado a 105 °C durante

15 minutos. Se obtuvieron 456 muestras y cada una fue dividida en dos porciones para evaluar las variables de finura y resistencia de mecha por separado.

Finura de Fibra

Se llevó a cabo en el Laboratorio de Lanasy Fibras del CICAS - La Raya, bajo temperatura de 13 °C y humedad relativa de 60%, utilizando un Analizador Óptico de Diámetros de Fibra (OFDA 2000®, Australia) siguiendo las instrucciones del equipo, con el procedimiento configurado para lanas sucias y un factor de corrección por grasa de 0.6. Una vez realizado el montaje de un mechón de fibra en las rejillas (placas de medición del equipo), el dispositivo realizó la medición enfocando ejes paralelos (bordes de cada fibra) y evitando impurezas. Se hicieron 6445 lecturas en promedio por muestra. En el análisis se consideraron parámetros de calidad estándar como: Media del Diámetro de Fibra o MDF (μm), Coeficiente de Variabilidad de la Media del Diámetro de Fibra o CVMDF (%), Factor de Confort o FC (%), Curvatura, rizo o CRV ($^{\circ}/\text{mm}$) y Finura al Hilado o *Spin Fineness* (SF) (μm).

Resistencia de Mecha

Se evaluó en el laboratorio antes indicado utilizando un *Staple Length and Strength Instrument* (SL&SI), el cual mide la longitud y la resistencia de un conjunto de fibras (mecha). Se siguieron las instrucciones del equipo. En términos generales, una vez colocada la muestra en las pinzas el equipo, que emplea aire comprimido a 7 Pascales (Pa) para extender la mecha hasta sus extremos; para luego sujetar la punta y la base, y aplicar una fuerza necesaria para romper la muestra (Newtons, N). El software del instrumento procesa la información y brinda datos de Longitud de Mecha o LM (mm), Resistencia a la Tracción o RT (N/ktex) (fuerza por unidad de densidad lineal), y Punto de Quiebre o POB (%) que representa la región donde se quiebra la mecha (punta, centro o base).

Análisis Estadístico

El estudio estuvo planificado en un diseño completo al azar con un arreglo factorial, considerando los factores sexo, edad y región corporal de muestreo (2x3x6). Se verificó la distribución normal y homogeneidad de las varianzas mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y prueba de Levene, respectivamente. Para MDF, CVMDF, SF, CRV y RT se utilizó la transformación de datos mediante las funciones: $f(x) = \ln(x) + 1$ y raíz cuadrada. Los efectos principales del sexo en CVMDF y POB fueron analizados con la prueba de «t», y para las demás características con la prueba no paramétrica de Mann-Whitney. En MDF, CVMDF, SF, CRV, RT y POB según edad y región de muestro mediante análisis de varianza y la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para comparaciones múltiples.

En las demás características se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Las interacciones fueron analizadas mediante un modelo general univariante en un análisis de varianza (ANOVA) y se consideró el efecto aditivo del modelo corregido mediante el re-etiquetado de grupos comparables en el caso de no hallarse interacción entre factores, utilizando el ajuste para comparaciones múltiples de Bonferroni ($p<0.05$). Finalmente, las correlaciones fueron determinadas utilizando coeficientes de Pearson, empleando el paquete estadístico SPSS v.15.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se evaluaron los efectos principales del sexo, edad y región, así como las interacciones de segundo y tercer orden, sobre las características de finura y resistencia de mecha de vellones de llama Ch'aku (Cuadro 1). En el Cuadro 2 se aprecia el promedio de las características de finura y resistencia de fibra. La finura de hembras difiere significativamente de la finura en machos ($p<0.05$) en 3.68 μm y, en consecuencia, la finura al hila-

do también es superior para llamas hembra. Además, llamas de 2-3 años (2 dientes) poseen mayor finura en la fibra respecto a animales mayores de 3 años (4 dientes y boca llena) ($p < 0.05$).

Los hallazgos de MDF son mayores a los reportes de Iñiguez *et al.* (1998) y Wurzinger *et al.* (2006) en llamas Ch'aku con 21.2 y 21.9, μm respectivamente utilizando un equipo Sirolan Laserscan 2000, y del reporte de Laime *et al.* (2016) en fibra de llama descerdada y sin descerdar (21.8 y 22.5 μm , respectivamente) con un equipo OFDA 2000. No obstante, Frank *et al.* (2011) reportaron valores inferiores (26.2 μm) en Argentina, diferencias que pueden ser atribuidas a factores ambientales, oferta forrajera, factores genéticos u operación de descerdado, que fueron disímiles en todos los casos. Esta afirmación es apoyada por el trabajo de Lupton *et al.* (2006) en alpacas norteamericanas con mejores condiciones nutricionales y ambientales, quienes encontraron un MDF de 26.7 μm para hembras y 27.1 μm para machos, y de 24.3, 26.5 y 30.1 μm para alpacas de 1, 2 y ≥ 3 años, respectivamente.

Además, se hallaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre edades (Cuadros 1 y 2), tal y como lo reportan Iñiguez *et al.* (1998) y Wurzinger *et al.* (2006), donde la MDF es menor en animales más jóvenes y se incrementa con la edad. La MDF es un factor de importancia para determinar la calidad de apariencia y confort del producto, así como el desempeño de la fibra durante el procesamiento textil (Mayo *et al.*, 1994). Frank (2008) demostró la superioridad de la fibra de alpaca sobre la lana con relación a la suavidad al tacto, donde Wang *et al.* (2003) indica una superioridad de hasta 7 μm . Por ello, si se compara los valores de finura entre fibra de alpaca y de llama, esta última podría tener la misma posibilidad de utilización que la fibra de alpaca.

En el Cuadro 1 se observa interacción significativa entre edad y sexo, donde llamas Ch'aku hembras de 2-3 años tienen la menor

MDF (22.3 μm) y machos mayores de 5 años la mayor MDF (31.3 μm). Las interacciones de la región de muestreo con la edad y sexo no fueron significativas, pero el modelo corregido exhibe diferencias significativas al re-etiquetar los grupos, indicando menor MDF en la paleta de hembras (23.1 a 23.2 μm) y mayor MDF en el anca de machos (27.3 a 28.3 μm); de igual forma en la paleta de llamas de 2-3 años hubo menor MDF (21.82 μm) y mayor MDF en el costillar de llamas de 3-4 años (25.91 μm) (Cuadro 3). Los modelos corregidos solo muestran un efecto aditivo entre los factores (más no potencial) en la mayoría de las características de finura y resistencia, lo que significa que la región de muestreo no influye potencialmente al interactuar con sexo o edad.

Un vellón con menor CVMDF indica mayor uniformidad del diámetro de las fibras individuales dentro del vellón. Quispe *et al.* (2009) afirman que 24% de CVMDF en fibras representa el límite para buenos rendimientos textiles de acuerdo con su diámetro, y que está asociado al rendimiento de finura al hilado (*spin fineness*). En este estudio, el mayor CVMDF correspondió a llamas macho ($p < 0.05$), habiendo diferencias significativas entre grupos etarios, siendo en las llamas de 3 años a más donde se incrementa el CVMDF ($p < 0.05$) (Cuadro 2).

Por otro lado, los valores de CVMDF se encontraron por debajo del límite del 24% indicado, a excepción de los machos, posiblemente debido a la escasa presión de selección o a que no se realizó la operación de descerdado para el análisis de finura. Así mismo, otros autores hallaron valores bajos de CVMDF; por ejemplo, Quispe (2010) reportó 21.4% en fibra de alpaca, Quispe (2014) con 10.5% en llamas de Bolivia, y Laime *et al.* (2016) de 22.14 y 20.34% en fibra de llama sin descerdar y descerdada, respectivamente, sin diferencias entre sexo ni edad. No obstante, en el Cuadro 1 se observa interacción significativa entre edad y sexo, donde el menor CVMDF corresponde a llamas Ch'aku hembras de 2-3 años (22.9%) y

Cuadro 1. Efecto del sexo, edad, región corporal de muestreo e interacciones sobre las características de finura y resistencia de mecha¹ en vellones de llama Ch'aku

	MDF (μm)		CV MDF (%)		FC (%)		SF (μm)		CRV ($^{\circ}/\text{mm}$)		LM (cm)		RT (N/ktex)		POB (%)	
	F ²	Sig ³	F	Sig	F	Sig	F	Sig	F	Sig	F	Sig	F	Sig	F	Sig
Sexo (S)	0	*	0	*	0	*	0	*	0	*	0	*	0	*	0.82	ns
Edad (E)	0	*	0	*	0	*	0	*	0.15	ns	0	*	0.68	ns	0.02	*
Región (R)	0.45	ns	0.09	ns	0.84	ns	0.66	ns	0.39	ns	0.01	*	0.61	ns	0.14	ns
Sexo*Edad	0	*	0	*	0	*	0	*	0.03	*	0.22	ns	0.10	ns	0.29	ns
Sexo*Región	0.93	ns	0.99	ns	0.92	ns	0.90	ns	0.99	ns	0.90	ns	0.01	*	0.95	ns
Edad*Región	0.99	ns	1.00	ns	0.99	ns	0.98	ns	1.00	ns	0.98	ns	0.25	ns	0.39	ns
S*E*R	0.99	ns	0.97	ns	0.98	ns	0.99	ns	1.00	ns	0.99	ns	0.36	ns	0.22	ns
S*E correg.	0	*	0	*	0	*	0	*	0	*	0	*	0.01	*	0.06	ns
S*R correg.	0	*	0	*	0	*	0	*	0.05	ns	0	*	0	*	0.57	ns
E*R correg.	0	*	0.13	ns	0	*	0	*	0.89	ns	0	*	0.46	ns	0.06	ns
S*E*R correg.	0	*	0	*	0	*	0	*	0.63	ns	0	*	0.01	*	0.15	ns

¹ MDF: media del diámetro de fibra, CV MDF: coeficiente de variación del MDF, FC: factor de confort, SF: finura al hilado (*spin fineness*), CRV: curvatura, LM: longitud de mecha, RT: resistencia a la tracción, POB: punto de quiebre (*position of break*)

² Valor de F en análisis de varianza

³ * ($p < 0.05$), ns (No significativo)

el mayor a machos de 3-5 años (25.9%). El modelo corregido evidenció efecto aditivo entre sexo y región de muestreo donde el menor CV MDF se encuentra en el anca de hembras y el mayor en la paleta de machos (Cuadro 3).

Se evidencia un mayor FC en hembras (85.8%) y también a edades de 2-3 años (90.3%) ($p < 0.05$) (Cuadro 2). Según Frank (2008), el vellón de los camélidos sudamericanos es mixto y con variación de tipos de fibra (pelos, cerdas, kemp, entre otros). La mayor frecuencia de fibras de más de 30 μm determina el factor de picazón o inversamente el factor de confort, que otorgan características indeseables a la fibra como dificultad para el teñido y, principalmente, sensación de picazón o rasguño al rozar con la piel (Notter *et al.*, 2007). En ese sentido,

Quispe *et al.* (2013) sostiene que la industria textil requiere vellones con un FC $\geq 95\%$ para la confección de prendas, donde el 5% corresponden a las fibras con MDF $\geq 30 \mu\text{m}$, ya que valoran la sensación de comodidad entre la piel del cuerpo humano y la prenda fabricada de tal fibra (Sacchero, 2005). Por ejemplo, prendas confeccionadas con lana o fibra con MDF de 21 μm tienen un reducido porcentaje de fibras con diámetros mayores a 30 μm , lo que le dará confortabilidad a la prenda (Naylor y Stanton, 1997).

Con relación a los reportes en la región andina, Quispe (2014) halló 94.8% en fibra descerdada de llamas Ch'aku en Bolivia, Laimé *et al.* (2016) en fibra descerdada y sin descerdar (92.3 y 89.5%, respectivamente), Quispe *et al.* (2009) con 93.7% en alpacas de Huancavelica. Por el contrario McGregor

Cuadro 2. Media general de características de finura y resistencia de mecha¹ en vellones de llama Ch'aku, según sexo, edad y región corporal

	MDF (μm)	CV MDF (%)	FC (%)	SF (μm)	CRV ($^{\circ}/\text{mm}$)	LM (cm)	RT (N/ktex)	POB (%)
Sexo								
Hembra	23.63 ^a	23.35 ^a	85.80 ^a	23.51 ^a	38.37 ^a	8.99 ^b	57.39 ^b	50.15 ^a
Macho	27.31 ^b	24.81 ^b	70.47 ^b	27.49 ^b	34.69 ^b	10.28 ^a	69.11 ^a	49.25 ^a
Edad								
2-3 años	22.40 ^a	23.23 ^a	90.30 ^a	22.27 ^a	38.58 ^a	10.12 ^a	60.53 ^a	50.51 ^{ab}
3-5 años	25.14 ^b	24.01 ^b	79.63 ^b	25.17 ^b	36.70 ^a	9.39 ^b	60.02 ^a	46.29 ^b
>5 años	25.19 ^b	23.55 ^{ab}	79.76 ^b	25.10 ^b	37.97 ^a	8.11 ^c	57.61 ^a	53.33 ^a
Región								
Paleta der.	23.81 ^a	24.03 ^a	84.34 ^a	23.84 ^a	38.01 ^a	9.48 ^{ab}	64.74 ^a	47.08 ^a
Paleta izq.	23.86 ^a	23.84 ^a	83.96 ^a	23.85 ^a	38.21 ^a	9.34 ^{ab}	59.36 ^a	48.10 ^a
Costillar der.	24.74 ^a	23.46 ^a	81.75 ^a	24.64 ^a	36.17 ^a	9.61 ^a	56.20 ^a	49.48 ^a
Costillar izq.	24.30 ^a	23.74 ^a	82.77 ^a	24.27 ^a	36.88 ^a	9.49 ^{ab}	57.66 ^a	48.63 ^a
Anca der.	24.32 ^a	23.31 ^a	83.48 ^a	24.19 ^a	38.66 ^a	8.71 ^{ab}	58.97 ^a	55.91 ^a
Anca izq.	24.53 ^a	23.24 ^a	82.78 ^a	24.38 ^a	38.51 ^a	8.65 ^b	59.43 ^a	50.76 ^a

¹ MDF: media del diámetro de fibra, CV MDF: coeficiente de variación del MDF, FC: factor de confort, SF: finura al hilado (*spin fineness*), CRV: curvatura, LM: longitud de mecha, RT: resistencia a la tracción, POB: punto de quiebre (*position of break*)

^{a,b} Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

y Butler (2004) con 55.58 % en alpacas criadas en Australia, apoyando la afirmación de Quispe (2010) sobre el efecto de la edad, sexo, condiciones ambientales y nutricionales y, obviamente, la operación de descordado. En el Cuadro 1 se observa interacción significativa entre edad y sexo, y valores inversos a MDF (Cuadro 2), donde el menor FC corresponde a llamas Ch'aku machos >5 años (52.1%) y el mayor FC a hembras de 2-3 años (90.7%). No se halló diferencia entre FC según región corporal de muestreo; sin embargo, el modelo corregido indica que existe efecto aditivo del sexo sobre este factor, exhibiendo mayor FC en todos los lugares de muestreo de hembras (84.0 a 87.1%) respecto a machos (66.7 a 72.2%) (Cuadro 3).

La Finura al Hilado o *spin fineness* (SF) ofrecido por el software del OFDA es el dato de predicción de finura probable luego del procesamiento textil y está calculado en base a su MDF y el CV MDF. Debido a las operaciones de la industria textil, generalmente el SF es menor que el MDF porque los elementos que cubren la fibra (grasa, materia vegetal, entre otros) son removidos en el lavado. En ese sentido, del mismo modo que en MDF, se halló diferencias significativas ($p < 0.05$) entre sexo y grupo etario e interacción entre ambos, pero no respecto a la región corporal de muestreo (Cuadros 1 y 2). Se conoce que se obtendrán mejores finuras al hilado de vellones de hembras Ch'aku (23.51 μm) y de llamas de 2-3 años (22.27 μm), tal y como

Cuadro 3. Medias de interacciones de características de finura y resistencia de mecha¹ en vellones de llama Ch'aku, según sexo, edad y región corporal. Comparaciones mediante ajuste de Bonferroni en el modelo corregido

		MDF	CV MDF	FC	SF	CRV	LM	RT	POB
		(μm)	(%)	(%)	(μm)	($^{\circ}/\text{mm}$)	(cm)	(N/ktex)	(%)
Sexo * Edad									
(años)									
Hembra	2-3	22.31 ^a	22.91 ^a	90.71 ^c	22.10 ^a	38.79 ^c	10.02 ^{bc}	60.53 ^{ab}	51.44 ^{ab}
	3-5	24.55 ^b	23.54 ^a	81.69 ^c	24.46 ^b	37.13 ^{bc}	9.13 ^b	56.83 ^a	46.44 ^a
	>5	24.03 ^{ab}	23.62 ^a	85.02 ^{cd}	23.98 ^b	39.18 ^c	7.83 ^a	54.81 ^a	52.57 ^{ab}
Macho	2-3	22.90 ^{ab}	24.95 ^b	88.18 ^d	23.12 ^{ab}	37.52 ^{bc}	10.69 ^c	60.55 ^{ab}	45.62 ^a
	3-5	27.64 ^c	25.99 ^c	70.96 ^b	28.16 ^c	34.90 ^{ab}	10.50 ^c	73.40 ^b	45.69 ^a
	>5	31.31 ^d	23.21 ^a	52.16 ^a	31.02 ^d	31.62 ^a	9.60 ^{bc}	72.31 ^b	57.33 ^b
Sexo * Región									
Hembra	PI ²	23.21 ^a	23.60 ^{abcd}	86.67 ^a	23.15 ^a	38.77 ^a	9.16 ^{ab}	58.53 ^b	48.52 ^a
	PD	23.14 ^a	23.75 ^{abcd}	87.08 ^a	23.11 ^a	38.63 ^a	9.21 ^{ab}	65.88 ^b	46.40 ^a
	CI	23.78 ^{ab}	23.52 ^{abcd}	84.95 ^a	23.71 ^a	37.37 ^a	9.19 ^{ab}	57.49 ^b	49.21 ^a
	CD	24.20 ^{abc}	23.25 ^{abc}	84.07 ^a	24.07 ^a	36.75 ^a	9.35 ^{ab}	53.01 ^b	49.57 ^a
	AI	23.75 ^{ab}	22.94 ^a	86.10 ^a	23.53 ^a	39.41 ^a	8.51 ^a	52.86 ^b	50.52 ^a
	AD	23.69 ^{ab}	23.06 ^{ab}	85.96 ^a	23.51 ^a	39.27 ^a	8.54 ^a	56.57 ^b	56.67 ^a
Macho	PI	27.05 ^{bcd}	24.98 ^{cd}	70.81 ^b	27.23 ^b	35.53 ^a	10.19 ^{ab}	63.40 ^b	46.03 ^a
	PD	27.05 ^{bcd}	25.35 ^d	71.09 ^b	27.38 ^b	34.99 ^a	10.81 ^b	59.25 ^b	50.41 ^a
	CI	26.82 ^{bcd}	24.84 ^{bcd}	72.18 ^b	26.99 ^b	34.48 ^a	10.92 ^b	58.52 ^b	45.88 ^a
	CD	27.32 ^{cd}	24.48 ^{abcd}	70.54 ^b	27.42 ^b	33.35 ^a	10.88 ^b	71.63 ^b	49.04 ^a
	AI	28.28 ^{cd}	24.72 ^{abcd}	66.74 ^b	28.45 ^b	34.14 ^a	9.35 ^{ab}	91.26 ^a	51.89 ^a
	AD	27.34 ^{cd}	24.51 ^{abcd}	71.48 ^b	27.47 ^b	35.68 ^a	9.54 ^{ab}	70.62 ^b	52.26 ^a
Edad * Región									
2-3 años	PI	21.82 ^a	23.46 ^a	91.89 ^a	21.72 ^a	39.30 ^a	9.98 ^{abc}	64.31 ^a	48.90 ^a
	PD	22.12 ^{ab}	23.80 ^a	90.64 ^{abc}	22.09 ^{ab}	38.34 ^a	10.14 ^{ab}	68.81 ^a	44.48 ^a
	CI	21.92 ^a	23.10 ^a	91.65 ^{ab}	21.76 ^a	37.76 ^a	10.66 ^a	51.86 ^a	51.06 ^a
	CD	22.65 ^{abc}	23.06 ^a	90.24 ^{abc}	22.48 ^{abc}	37.36 ^a	10.76 ^a	52.89 ^a	51.41 ^a
	AI	23.12 ^{abc}	22.92 ^a	88.34 ^{abc}	22.91 ^{abc}	39.49 ^a	9.48 ^{abcde}	64.50 ^a	54.90 ^a
	AD	22.79 ^{abc}	23.07 ^a	89.05 ^{abc}	22.64 ^{abc}	39.25 ^a	9.72 ^{abcd}	60.80 ^a	52.29 ^a
3-5 años	PI	24.68 ^{abc}	24.31 ^a	80.93 ^{abc}	24.78 ^{abc}	37.32 ^a	9.69 ^{abcd}	49.40 ^a	40.92 ^a
	PD	24.40 ^{abc}	24.36 ^a	81.53 ^{abc}	24.52 ^{abc}	37.47 ^a	9.71 ^{abcd}	62.19 ^a	45.47 ^a
	CI	25.61 ^{bc}	24.32 ^a	77.41 ^{bc}	25.72 ^c	35.82 ^a	9.73 ^{abcd}	64.64 ^a	49.28 ^a
	CD	25.91 ^c	23.72 ^a	76.77 ^c	25.87 ^c	34.82 ^a	9.63 ^{abcde}	58.60 ^a	42.91 ^a
	AI	25.33 ^{abc}	23.56 ^a	79.78 ^{abc}	25.25 ^{abc}	37.16 ^a	8.77 ^{abcde}	65.12 ^a	42.28 ^a
	AD	24.92 ^{abc}	23.77 ^a	81.33 ^{abc}	24.90 ^{abc}	37.63 ^a	8.81 ^{abcde}	60.13 ^a	56.90 ^a
>5 años	PI	25.06 ^{abc}	23.72 ^a	79.18 ^{abc}	25.02 ^{abc}	38.06 ^a	8.32 ^{bcde}	64.76 ^a	54.76 ^a
	PD	24.87 ^{abc}	23.92 ^a	80.98 ^{abc}	24.88 ^{abc}	38.24 ^a	8.58 ^{bcde}	63.33 ^a	51.36 ^a
	CI	25.32 ^{abc}	23.79 ^a	79.46 ^{abc}	25.28 ^{abc}	37.10 ^a	8.06 ^{cde}	56.21 ^a	45.56 ^a
	CD	25.60 ^{bc}	23.60 ^a	78.45 ^{abc}	25.52 ^{bc}	36.38 ^a	8.44 ^{bcde}	57.00 ^a	54.38 ^a
	AI	25.10 ^{abc}	23.24 ^a	80.35 ^{abc}	24.93 ^{abc}	38.94 ^a	7.70 ^{cd}	48.44 ^a	55.43 ^a
	AD	25.22 ^{abc}	23.06 ^a	80.14 ^{abc}	25.00 ^{abc}	39.13 ^a	7.60 ^e	55.93 ^a	58.51 ^a

¹ MDF: media del diámetro de fibra, CV MDF: coeficiente de variación del MDF, FC: factor de confort, SF: finura al hilado (*spin fineness*), CRV: curvatura, LM: longitud de mecha, RT: resistencia a la tracción, POB: punto de quiebre (*position of break*)

² PI: Paleta izquierda, PD: Paleta derecha, CI: Costillar izquierdo, CD: Costillar derecho, AI: Anca izquierda, AD: Anca derecha

^{a,b} Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

fue encontrado en el presente estudio (Cuadro 2). Al respecto, Quispe (2010) encontró un SF de 20.9 μm en alpacas Huacaya blancas, siendo mayor en animales jóvenes que en los adultos. En llamas, las fibras más gruesas o cerdas en el vellón hacen que se incremente el MDF. En alpacas el porcentaje de fibras gruesas es menor por lo que el MDF y por consiguiente el SF es menor.

La fibra de las hembras presentó mayor grado de curvatura que de los machos ($p < 0.05$), a diferencia de Laime *et al.* (2016) quienes no hallaron tales diferencias, pero encontraron mayores valores (42.43°/mm) para la fibra descerdada. Por otro lado, Siguayro (2009) y Quispe (2010) encontraron valores de CRV de 47.66-54.01 y 38.8°/mm, respectivamente en fibra de alpacas. En el presente estudio se encontró interacción significativa entre edad y sexo (Cuadro 1), donde el mayor CRV corresponde a hembras >5 años (39.1°/mm) y el menor en machos >5 años (31.6°/mm); sin embargo, no hubo ningún efecto aditivo en el modelo corregido respecto a región de muestreo (Cuadros 1 y 3). El CRV es una característica deseable al tacto, aunque a veces puede crear dificultades durante su procesamiento (Quispe *et al.*, 2013). Hansford (1996) reporta que lanas con baja frecuencia de rizos (menor CRV) y alta definición de rizo conlleva a obtener una longitud media de fibra (Hauteur) más larga en los «tops» (cinta de fibra obtenida después del peinado); así mismo, en lanas superfina brinda mayor uniformidad de hilado y menor número de terminales salientes en la hilatura (Wang *et al.*, 2004).

La longitud de mecha (LM) difiere entre sexos y edades ($p < 0.05$), donde los machos y aquellos de 2-3 años lograron mayor LM respecto a hembras y llamas >3 años ($p < 0.05$) (Cuadro 2). No se halló interacción entre factores, pero si un efecto aditivo según el modelo corregido, mostrando ligera superioridad en la paleta y costillar de machos de 2-3 años (Cuadro 3). Varios investigadores reportan valores mayores, entre 10.2 y 15.6 cm (Iñiguez *et al.*, 1998; Cancino *et*

al., 2006; Frank *et al.*, 2011; Quispe, 2014). Sin embargo, en estos estudios no se menciona el periodo de crecimiento de la fibra, dado que mayormente son esquiladas cada dos años como mínimo. Además, se observa mayor longitud en las zonas de la paleta y costillar, donde aparentemente hay un mayor crecimiento ($p < 0.05$) (Cuadro 2), coincidiendo con Carpio (1991), aunque este autor no llegó a encontrar diferencias estadísticas.

La resistencia a la tracción (RT) es también un determinante del Hauteur y podría afectar las propiedades del hilo durante el procesamiento de la fibra (Lamb y Yang, 1994). Según de Jong *et al.* (1985), la RT es muy sensible a la variación de la distribución de longitud de fibras y al grosor de la mecha (mechas gruesas requieren mayor fuerza que mechas delgadas), por lo que la RT debe estar expresada en una unidad común de grosor de mecha (kilotex o ktex). En este estudio, se encontró una mayor RT en machos (69.11 N/ktex) que en hembras (57.39 N/ktex) ($p < 0.05$), pero no las hubo entre grupos etarios ni entre regiones de muestreo (Cuadro 2). Por otro lado, en virtud del efecto de interacción entre sexo y región de muestreo, la mayor RT corresponde a la fibra del anca de llamas machos (70.6-91.3 N/ktex) (Cuadro 3). Estos valores son superiores a los reportes de Rose y Pepper (2000) en ovinos (30 N/ktex), Lupton *et al.* (2006) en alpacas (50 N/ktex) e Iñiguez *et al.* (1998) en llamas (46.4 N/ktex). Tales diferencias son explicadas por las condiciones ambientales, nutricionales y fisiológicas, así como por las metodologías de determinación (Bray *et al.*, 1995; Schlink y Dollin, 1995).

La clasificación de Rogan (1995) para la calidad de lana de ovejas de acuerdo a la RT incluye *Sound* (>30N/ktex), *Part tender* (25-30 N/ktex), *Tender* (18-25 N/ktex) y *Rotten* (<18 N/ktex), de modo que el 84.4, 5.3, 6.1 y 4.2% de la población en estudio estaría dentro de estos grupos, respectivamente, lo cual demostraría la potencialidad de su calidad para el procesamiento textil. Llactahuamani (2017) y Cañari (2018) en promedio reportan

valores de RT superiores en alpacas del Cusco (76.7 N/ktex y 64.7 N/ktex).

El punto de quiebre (POB) se sitúa en el punto medio de las mechas (representado con valores cerca del 50%), con diferencias significativas entre edades ($p < 0.05$), pero sin diferencias entre sexos ni región corporal de muestreo (Cuadros 1 y 2). Un POB cercano a 50% podría evidenciar problemas en el manejo nutricional, representado en irregularidad en el perfil de la fibra que es graficada por las lecturas que realiza el OFDA 2000 a lo largo de la mecha, comúnmente llamada «afinamiento por hambre». Esta situación en fibra de camélidos ha sido relacionada a la época de estiaje en la región altoandina de Perú, donde niveles alimenticios bajos en energía y proteína en alpacas afinan la fibra y disminuyen su crecimiento en longitud (Russel y Redden, 1997; Franco *et al.*, 2009). Además, el afinamiento por hambre es una condición irreversible, por lo menos para esa campaña (Schlink *et al.*, (1998).

La condición de POB cercano a la parte media de la fibra (50%) genera inconvenientes durante el procesamiento de la fibra al reducir la longitud media de las fibras peinadas (reducidas al 50% de su longitud durante este proceso textil) al tener tal afinamiento en ese punto (Elvira y Jacob, 2004), impactando en el rendimiento final de la fibra. Si la esquila fuera anual y en la época de estiaje, el POB y el largo efectivo sería mayor que en fibras esquiladas en otro momento (Mueller *et al.*, 2010), de allí que es conveniente lograr mayor uniformidad del MDF a lo largo de toda la longitud de las fibras (perfil de finura), mediante una esquila anual, apropiado manejo nutricional y selección genética de los individuos con fibras finas.

Se encontraron correlaciones significativas entre algunas características de finura y resistencia de mecha según los coeficientes de Pearson (Cuadro 4). Se encontró una correlación positiva, alta y significativa ($p < 0.01$) entre MDF, SF y CVMDF, e inversa entre MDF y FC ($p < 0.01$) ya que su cál-

culo se basa en el MDF (Figura 1a,b,c,g,h). Según el Cuadro 3 y Figura 1e, cuanto menor variabilidad de fibras haya dentro de un vellón, mayor será el FC; sin embargo, esto aún depende de la finura de fibra (MDF).

Por otro lado, el índice de curvatura (CRV) se correlaciona con la mayoría de características evaluadas, a excepción de la RT (Cuadro 4; Figura 1d,f,i,j), discrepando con Llactahuamani (2017), quien reporta una correlación baja, pero significativa entre CRV y RT (0.24). Aparentemente, en las condiciones del estudio, a medida que se reduce el MDF, CVMDF y LM, el CRV de la fibra se incrementa, presentando una correlación inversa ($r = -0.60$). Esto es corroborado por los hallazgos de Fish *et al.* (1999), quienes encontraron una fuerte relación entre MDF y CRV, donde las fibras con alto CRV corresponden a fibras con menor diámetro. Es el caso de Holt (2006) con coeficientes de correlación de 0.64 y 0.79 entre MDF y CRV en fibra de alpacas Huacaya y Suri, respectivamente.

La longitud de mecha (LM) se correlacionó inversamente con el FC, probablemente debido a que largos periodos de crecimiento de fibra promueven la aparición de fibras gruesas o pelos ($MDF \geq 30 \mu m$), lo que resulta en una reducción del FC. No se halló correlación significativa entre MDF y RT; sin embargo, Lupton *et al.* (2006) hallaron una correlación entre MDF y RT de 0.397, y Cañari (2018) entre 0.12 y 0.20 ($p < 0.05$). Por otro lado, se halló correlación positiva entre CVMDF y RT, contrastando con Lewer y Li (1994), quienes afirman que vellones de lana de oveja con alta RT de mecha tiene menor CVMDF.

El POB se encontró relacionado inversamente a CRV ($r = -0.09$) y directamente a LM ($r = 0.09$). Para este análisis se transformaron los valores de POB a: valor absoluto de cada dato menos 50 (50% representa el POB en la mitad de la mecha y en todo caso la posición menos deseable para el POB). Entonces, a medida que la LM es mayor, el POB se aleja de la posición central de la fibra.

Cuadro 4. Coeficientes de Pearson para finura y resistencia de mecha¹ en vellones de llama Ch'aku

	MDF	CV MDF	FC	SF	CRV	LM	RT	POB
Sexo	0.37**	0.28**	-0.38**	0.39**	-0.17**	0.22**	0.15**	-0.07
Edad	0.30**	0.07	-0.28**	0.30**	-0.03	0.36**	-0.04	-0.02
Región	0.06	-0.13**	-0.03	0.05	0.02	-0.12*	-0.03	0.08
MDF	1.00	0.19**	-0.97**	0.99**	-0.60**	0.06	-0.00	0.06
CV MDF		1.00	-0.20**	0.30**	-0.10*	0.08	0.11*	-0.09
FC			1.00	-0.96**	0.60**	-0.11*	-0.02	-0.09
SF				1.00	-0.60**	0.07	0.01	0.04
CRV					1.00	0.45**	0.03	-0.09*
LM						1.00	0.00	0.09*
RT							1.00	-0.08
POB								1.00

¹ MDF: media del diámetro de fibra, CV MDF: coeficiente de variación del MDF, FC: factor de confort, SF: finura al hilado (*spin fineness*), CRV: curvatura, LM: longitud de mecha, RT: resistencia a la tracción, POB: punto de quiebre (*position of break*).

** Correlación significativa al 99% (bilateral); * Correlación significativa al 95% (bilateral)

CONCLUSIONES

- El sexo y la edad tienen influencia en la media del diámetro de fibra (MDF), coeficiente de variación del MDF (CV MDF), factor de confort (FC), finura al hilado (*spin fineness*) (SF) y longitud de mecha (LM), pero no hubo en el punto de quiebre (POB), resistencia a la tracción (RT) y curvatura de la fibra (CRV). Además, la interacción de estos factores influye en todos los parámetros, excepto en la longitud de mecha, resistencia a la tracción y punto de quiebre.
- En general existe correlación alta y significativa entre los parámetros de finura; sin embargo, la resistencia a la tracción solo se correlaciona directamente con el coeficiente de variabilidad de finura y el punto de quiebre inversamente

con el índice de curvatura y directamente con la longitud de mecha.

- La evidencia permite afirmar que la fibra de llamas Ch'aku criadas en las condiciones del Centro de Investigación de Camélidos Sudamericanos CICAS - La Raya, Cusco, posee características de finura y resistencia de importancia para la industria textil de fibras animales.

Agradecimientos

Al Proyecto «Validación y Aplicación de Biotecnologías Reproductivas en el Proceso de Mejoramiento y Valoración Genética en Alpacas en las Provincias de Canas, Canchis y Quispicanchis. Región Cusco» y al Centro de Investigación de Camélidos Sudamericanos (CICAS) La Raya, por el apoyo y equipamiento del Laboratorio de Reproducción y Fibras para el desarrollo del estudio.

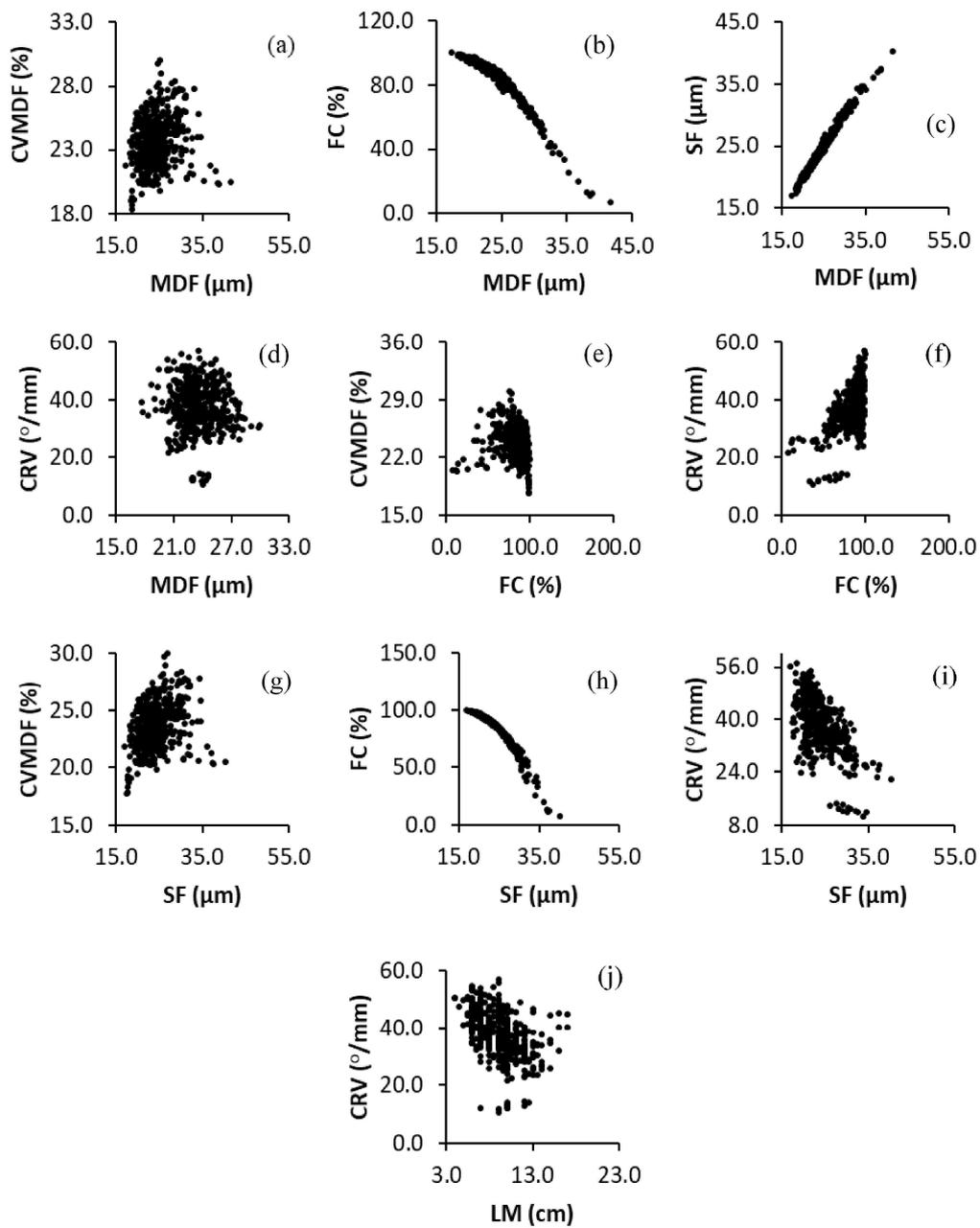


Figura 1. Correlaciones entre las características de finura y resistencia de mecha¹ en vellones de llama Ch'aku. ¹MDF: media del diámetro de fibra, CVMDF: coeficiente de variación del MDF, FC: factor de confort, SF: finura al hilado (*spin fineness*), CRV: curvatura, LM: longitud de mecha, RT: resistencia a la tracción, POB: punto de quiebre (*position of break*)

LITERATURA CITADA

1. **Bray AR, Merrick NC, Smith MC, Scobie DR. 1995.** Wool growth responses in Drysdale and high and low staple tenacity Romney sheep to nutrition supplementation in autumn. *Proc New Zeal Soc An* 55: 54-57.
2. **Cañari A. 2018.** Evaluación de parámetros de finura y resistencia de mecha en fibra de alpaca, en el CICAS – La Raya y el Fundo Puycutani del distrito de Nuñoa. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Cusco, Perú: Univ. Nacional de San Antonio Abad del Cusco. 130 p.
3. **Cancino AK, Rebuffi GE, Mueller JP, Duga L, Rigalt F. 2006.** Parámetros cuali-cuantitativos de la producción de fibra de llamas (*Lama glama*) machos en la Puna Argentina. En: IV Congreso Mundial de Camélidos. Arica, Chile.
4. **Carpio M. 1991.** La fibra de camélidos. En: Novoa C, Flores A (eds). Producción de rumiantes menores: alpacas. Lima: Rerumen. p 297-359.
5. **de Jong S, Kavanagh WJ, Andrews MW. 1985.** Factors contributing to the staple strength of wool. In: VII International Wool Textile Research Conference. Tokyo, Japan.
6. **Elvira M, Jacob M. 2004.** Calidad de lana: Importancia de las mediciones objetivas en la comercialización e industrialización de la lana. *Ganadería* 11: 43-46.
7. **Fish VE, Mahar TJ, Crook BJ. 1999.** Fibre curvature morphometry and measurement. *Wool Tech Sheep Bree* 47: 248-265.
8. **Franco F, San Martín F, Ara M, Olazábal L, 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
9. **Frank EN, Hick MV, Molina MG, Caruso LM. 2011.** Genetic parameters for fleece weight, fibre attributes in Argentinean llamas. *Small Ruminant Res* 99: 54-60. doi: 10.1016/j.smallrumres.2011.03.048
10. **Frank EN. 2008.** Camélidos sudamericanos. producción de fibra, bases físicas y genéticas. *Rev Argent Prod Anim* 28: 119-122
11. **Gerken M. 2009.** Relationships between integumental characteristics and thermoregulation in South American camelids. *Animal* 4: 1451-1459. doi: 10.1017/S1751731109991443
12. **Hansford KA. 1996.** Wool strength and topmaking. *Wool Technol Sheep Breeding* 45(4).
13. **Holt C. 2006.** A survey of the relationships of crimp frequency, micron, character y curvature of fibre. A report to the Australian Alpaca Association. Pambula Beach NSW. Australia. 33 p. [Internet]. Disponible en: <http://www.cameronholt.com/CrimpRelationships.pdf>
14. **Huanca T, Apaza N, Lazo A. 2007.** Evaluación del diámetro de fibra en alpacas de las comunidades de los distritos de Cojata y Santa Rosa, Puno. En: XX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal – ALPA. Cusco, Perú.
15. **Iñiguez LC, Alem R, Wauer A, Mueller J. 1998.** Fleece types, fiber characteristics and production system of an outstanding lama population from southern Bolivia. *Small Ruminant Res* 30: 57-65. doi: 10.1016/S0921-4488(98)-00079-0
16. **Laimé FM, 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
17. **Lamb PR, Yang S. 1994.** The effect of wool properties on spinning performance and yarn properties. In WOOLSPEC 94: Specification of Australian wool and its implications for marketing and processing. CSIRO Division of Wool Technology & International Wool Secretariat. Sydney, Australia.

18. **Lewer RP, Li Y. 1994.** Some aspect of selection for staple strength. *Wool Tech Sheep Bree* 42: 103-111
19. **Llactahuamani IT. 2017.** Calidad de fibra de alpacas del plantel de reproductores en comunidades del distrito de Ocongate – Quispicanchis – Cusco. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Cusco, Perú: Univ. Nacional de San Antonio Abad del Cusco. 98 p.
20. **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
21. **Mayo O, Crook B, Lax J, Swan A, Hancock TW. 1994.** The determination of fibre diameter distribution. *Wool Tech Sheep Bree* 42: 231-236.
22. **McGregor BA, Butler KL. 2004.** Sources of variation in fibre diameter attributes of Australian alpacas and implications for fleece evaluation and animal selection. *Aust J Agric Res* 55: 433-442. doi: 10.1071/AR03073
23. **Mueller JP, Rigalt F, Cancino AK, Lamas H. 2010.** Calidad de las fibras de camélidos sudamericanos en Argentina. In: *International Symposium on Fibers from South American Camelids*, Huancavelica, Perú.
24. **Naylor GR, Stanton J. 1997.** Time of shearing and the diameter characteristics of fibre ends in the processed top: an opportunity for improved skin comfort in garments. *Wool Tech Sheep Bree* 45: 243-255.
25. **Notter DR, Kuehn LA, Kott RW. 2007.** Genetic analysis of fibre characteristics in adult Targhee ewes and their relationship to breeding value estimates derived from yearling fleeces. *Small Ruminant Res* 67: 164-172. doi: 10.1016/j.smallrumres.2005.09.015
26. **Puma E. 2014.** Comparativo de dos métodos de determinación de la condición de un pastizal tipo pajonal de pampa en el CICAS – La Raya – FAZ – UNSAAC. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Cusco, Perú: Univ. Nacional de San Antonio Abad del Cusco. 78 p.
27. **Quispe EC, Alfonso L, Flores A, Guillén H, Ramos Y. 2009.** Bases to an improvement program of the alpacas in highland region at Huancavelica-Perú. *Arch Zootec* 58: 705-716.
28. **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
29. **Quispe EC. 2010.** Estimación del progreso genético de seis esquemas de selección en alpacas (*Vicugna pacos*) Huacaya con tres modelos de evaluación en la región altoandina de Huancavelica. Tesis Doctoral. Lima, Perú: Univ. Nacional Agraria La Molina. 114 p.
30. **Quispe JL. 2014.** Caracterización fenotípica de llamas del tipo T'amphulli conservadas en condición *in situ* en las regiones de Quetena Grande-Potosí y Calientes-Cochabamba. *INIAF* 1: 54-67.
31. **Rogan IM. 1995.** A quality profile of the Australian wool clip. *Wool Tech Sheep Bree* 43: 295-306.
32. **Rose M, Pepper P. 2000.** Genetic parameters for staple length and staple strength of merino wool produced in Central and North West Queensland. In: *Animal production for a consuming world*. AAAP – ASAP Conference. Australia. p 1-4.