

Evaluación de fibras finas y gruesas de llamas (*Lama glama*) K'ara criadas en condiciones altoandinas de Perú

Evaluation of down and coarse fibres of llamas (*Lama glama*) K'ara raised in high Andean conditions of Peru

Edgar Quispe Peña^{1,2*}, Virgilio Machaca Machaca³, Valeriano Paucara Ocsa, Rufino Paucar-Chanca⁴, Max Escobedo Enriquez⁴, Jorge Luis Huere Peña⁵, Jorge Luis Aliaga Gutiérrez¹

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar características de calidad, crecimiento y rinde al descordado de las fibras finas y gruesas de llamas K'ara, así como el efecto de factores que puedan afectar sus características. Se utilizaron 69 llamas K'ara, siendo 49 del CICS-Lachocc de la Universidad Nacional de Huancavelica (UNH) y 20 de la Comunidad Campesina de San Miguel de Mestizas (CC Mestizas) del departamento de Apurímac (Perú). Se tomaron muestras de fibras de tres zonas corporales: paleta (P), costillar (C) y nalga (N) y se registró la edad, sexo, peso vivo y peso de vellón de llamas esquiladas en forma manual. Además, se determinó la longitud y tasa de crecimiento de fibras finas («down») y fibras gruesas («guard hair»), con una regla metálica milimetrada. Para determinar el rinde al descordado, 20 muestras de fibras fueron descordadas en

¹ Departamento Académico de Producción Animal, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

² Centro de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, Natural Fiber's Tech SAC, La Molina, Lima, Perú

³ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Abancay, Perú

⁴ Escuela Profesional de Zootecnia, Facultad de Ciencias de Ingeniería, Universidad Nacional de Huancavelica, Perú

⁵ Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Facultad de Ciencias de Ingeniería, Universidad Nacional de Huancavelica, Perú

* E-mail: edgarquispe62@gmail.com

Recibido: 27 de febrero de 2023

Aceptado para publicación: 11 de septiembre de 2023

Publicado: 31 de octubre de 2023

©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

forma manual. Se determinó la media del diámetro de fibra (MDF), el coeficiente de variación de la MDF (CVMDf) y el porcentaje de fibras menores a 30 micras (Fib<30mic) de las fibras finas y gruesas mediante el FIBER EC. El peso vivo y de vellón fue de 87.9 ± 26.4 kg y 1175.1 ± 675.9 g, respectivamente, y la MDF y CVMDf de fibras finas fue de 21.3 ± 2.0 μ m y $18.9 \pm 1.4\%$, y de las fibras gruesas de 49.8 ± 9.4 μ m y de $24.7 \pm 6.3\%$, respectivamente. El crecimiento de fibras finas fue de 5.2 ± 0.8 mm/mes, y el de fibras gruesas de 9.7 ± 1.0 mm/mes. El rinde al descordado fue de $71 \pm 8.5\%$ de fibras finas y $16 \pm 7.4\%$ de fibras gruesas. Hubo efecto del peso vivo sobre la MDF y el Fib<30mic en fibras finas y gruesas, y adicionalmente en fibras gruesas, también el peso vivo tuvo efecto sobre el CVMDf, mientras que el peso de vellón tuvo efecto solo sobre MDF. Asimismo, hubo efecto del sexo sobre el crecimiento mensual de las fibras y sobre el rinde de las fibras finas al descordado. En conclusión, las fibras finas de las llamas K'ara, debido al buen diámetro, longitud, uniformidad y alto porcentaje en el vellón pueden ser procesados para la obtención de prendas finas.

Palabras clave: finura, características productivas, fibra, camélidos sudamericanos

ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate characteristics of quality, growth and yield to dehairing of the down and coarse fibres of K'ara llamas, as well as the effect of factors that may affect their characteristics. In total, 69 K'ara llamas were used, 49 from the CICS-Lachocc of the Universidad Nacional de Huancavelica (UNH) and 20 from the Rural Community of San Miguel de Mestizas (CC Mestizas) of the department of Apurímac (Peru). Fibre samples were taken from three body areas: shoulder (P), rib (C) and hind flank (N) and the age, sex, live weight and fleece weight of manually sheared llamas were recorded. In addition, the length and growth rate of fine fibres (down) and coarse fibres (guard hair) were determined with a millimetre metal ruler. To determine the yield when dehaired, 20 fibre samples were dehaired manually. The mean fibre diameter (MDF), the coefficient of variation of the MDF (CVMDf) and the percentage of fibres smaller than 30 microns (Fib<30mic) of down and guard hair fibres were determined using the FIBER EC. The live and fleece weight was 87.9 ± 26.4 kg and 1175.1 ± 675.9 g, respectively, and the MDF and CVMDf of down fibres was 21.3 ± 2.0 μ m and $18.9 \pm 1.4\%$, and of thick fibres 49.8 ± 9.4 μ m and $24.7 \pm 6.3\%$, respectively. The growth of down fibres was 5.2 ± 0.8 mm/month, and that of guard hair was 9.7 ± 1.0 mm/month. The yield in the dehaired was $71 \pm 8.5\%$ of down fibres and $16 \pm 7.4\%$ guard hairs. There was an effect of live weight on MDF and Fib<30mic in fine and coarse fibres, and additionally in coarse fibres, also live weight had an effect on CVMDf, while fleece weight had an effect only on MDF. Likewise, there was an effect of sex on the monthly growth of the fibres and on the yield to dehairing of down and guard hairs. In conclusion, the down fibres of the K'ara llamas, due to their good diameter, length, uniformity and high percentage in the fleece, can be processed to obtain fine garments.

Key words: fineness, productive characteristics, fibre, South American camelids

INTRODUCCIÓN

La población mundial de llamas es cercana a tres millones de cabezas (Quispe *et al.*, 2009), siendo Bolivia el primer productor

con el 65% de la población mundial, seguido por Perú con más de 740 mil cabezas (INEI, 2013), población que disminuyó en cerca del 50% en comparación con la población existente 15 años atrás, lo que se debería a la disminución de su uso como animal de trans-

porte e intercambio (Iñiguez y Alem, 1996), así como al poco hábito de consumo de su carne, al cambio climático y a la baja valoración de su fibra.

La variedad K'ara (conocida también como Ccara, Q'ara, Cara-Sullo, Pelada o Carguera) y la variedad Chaku (conocida también como T'ampulli, Choco, Lanuda o Tapada) son dos ecotipos de llamas (Bonacic, 1991; Stemmer *et al.*, 2005) bien diferenciados, aunque el cruce entre ambos produce un tipo de llama conocido como «intermedio» (Stemmer *et al.*, 2005). La llama K'ara se caracteriza por estar desprovista de fibra o pelo en la cara, cuello, extremidades y barriga, es utilizada como animal de carga, produce escasa cantidad de fibra gruesa y su principal finalidad es la producción de carne, mientras que la llama Chaku tiene fibras que cubren todo el cuerpo, con un vellón muy denso y su mayor uso es para producción de fibra. Por otro lado, se tiene las llamas de Argentina que exhiben características particulares en torno a su morfología, color de capa y tipos de vellón (Hick *et al.*, 2014), y las llamas de Marcapomacocha, Perú, que se caracterizan por ser muy grandes, manteniendo homogéneamente el color del guanaco (Cano *et al.*, 2012).

Las llamas son generalmente animales de doble capa de fibras. La capa externa conformada por fibras gruesas (llamadas también «cerdas») y la capa interna formada por fibras finas (conocidas como «down») que son de buena calidad (Rodríguez, 2006; Quispe *et al.*, 2015); por tanto, su uso para la confección de prendas finas dependería del descordado (Sacchero *et al.*, 2017), mientras que las fibras gruesas tendrían un uso potencial en la elaboración de prendas artesanales (Pinares, 2014).

Estudios sobre fibra de llamas han sido realizados principalmente en el ecotipo Chaku. Así, Martínez *et al.* (1997) en Bolivia encontraron una media de diámetro de fibra (MDF) de 25.5 y 40.8 μm y una longitud de mecha (LM) de 5.4 y 9.0 cm para las fibras finas y

gruesas, respectivamente, mientras que Laime *et al.* (2016) reportaron una MDF de 21.8 μm en fibras finas después del descordado. Asimismo, Quispe-Ccasa *et al.* (2020), sin diferenciar fibras finas y gruesas encontraron una MDF de 24.3 μm y LM de 9.5 cm, en tanto que Sacchero *et al.* (2017) reportaron una MDF de 22.6 μm y LM de 13.2 cm para llamas de Rio Negro, Argentina, y Cóndor *et al.* (2022) encontraron una MDF bastante gruesa (39.2 y 37.3 μm para machos y hembras, respectivamente). En este sentido, diversos autores reportan resultados variables para llamas (Rossanigo *et al.*, 1997; Quispe-Huanca, 2014; Mancilla, 2017).

En el crecimiento de fibra, Ayala *et al.* (2018), sin diferenciar fibras finas y gruesas, encontraron una LM al nacimiento de 2.7 y 3.0 cm, creciendo hasta el año de edad a 13.6 y 12.2 cm, para llamas K'aras y Chaku, respectivamente, lo cual significaría una tasa de crecimiento mensual de 0.9 y 0.8 cm, respectivamente; resultado similar a las llamas de Catamarca, Argentina (Mueller *et al.*, 2010). Por otro lado, en referencia al rendimiento al descordado se ha registrado 68.6 \pm 2.5% (Quispe *et al.*, 2015) y cerca del 80.0% (Cochi, 1999).

Las llamas K'ara han sido evaluadas principalmente en torno a la producción de carne (Mamani-Linares *et al.*, 2014) y como medio de transporte (Iñiguez y Alem, 1996). En relación a la fibra, Vilá (1996) refiere que carecen casi por completo de interés textil, debido a que no posee mechas diferenciables, aunque abundantes fibras primarias. Sin embargo, Pari (1993), Mancilla, 2017) y Cóndor *et al.* (2022) determinaron en forma general el diámetro medio de las fibras indicando que la fibra de llamas K'ara tienen similares diámetros que las llamas Ch'acu, mientras que Alendez (2021) y Poma (2018) evaluaron el diámetro de las fibras antes y después del descordado. Sin embargo, estudios sobre las características y relaciones de diámetro, longitud y rinde al descordado de fibras finas y gruesas son escasos, no obstante que las fibras finas podrían tener gran potencial textil, (Iñiguez *et al.*, 1998).

Con base a lo expuesto, los objetivos del presente trabajo fueron conocer las características de calidad, crecimiento y rinde al descerchado de fibras finas y gruesas, así como, determinar el efecto de diversos factores sobre dichas características de las fibras de llamas K'ara criadas en condiciones altoandinas de Perú.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización, Animales y Registros

Obtuvieron los registros de 69 llamas K'ara, siendo 49 del Centro de Investigación de Camélidos Sudamericanos Lachocc (CICS-Lachocc) de la Universidad Nacional de Huancavelica (UNH) y 20 de Huaccoto, Comunidad Campesina de San Miguel de Mestizas (CC Mestizas), distrito de Cotaruse, departamento de Apurímac, Perú. El CICS-Lachocc está ubicado a una altitud de 4490 msnm, mientras que la CC Mestizas se encontraban a una altitud de 4400 msnm. La región tiene temperaturas que varían desde -5 hasta 18 °C y una precipitación pluvial de 752 mm/año.

En llamas del CICS-Lacchoc se tomaron muestras de fibra de 5 g de tres zonas corporales de cada animal (Paleta = P, Costillar = C y Nalga = N), mediante corte de las fibras utilizando una tijera. Las muestras se colocaron en bolsas de papel donde anotando la zona corporal (P, C, N), edad (1 a 12 años) y sexo (macho, hembra). También se registró el peso vivo de 35 llamas con una balanza de plataforma (± 50 g). Asimismo, se logró esquilar a las 49 llamas por primera vez (anteriormente no habían sido esquilados), en forma manual, con tijera conocida como «*lapiaco*». Los vellones fueron pesadas con una balanza tipo reloj a fin de registrar el peso de vellón.

En las llamas CC Mestizas se evaluó la longitud de fibras finas («*down*») y fibras gruesas («*cerdas*») mediante una regla

milimétrica metálica, considerando cinco mediciones en cada animal y tipo de fibra (finas y gruesas). Luego se tomaron muestras de fibras (22.9 ± 2.5 g, promedio \pm error estándar) cortándolas con una tijera a nivel de la piel, registrando la fecha de muestreo, sexo, color y categoría etaria (cría, juvenil y adulto). A los 106 días de volvió a evaluar la longitud de las fibras finas y gruesas, siguiendo el mismo procedimiento y de la misma zona corporal a fin de obtener la tasa de crecimiento mensual.

Evaluación de Fibras Finas y Gruesas

Las muestras de fibras de las llamas del CICS Lachocc fueron descerdadas de acuerdo con el procedimiento descrito por Frank *et al.* (2012), el cual está basado en la utilización de los dedos en lugar de fórceps, con 5 a 8 movimientos de descerchado por mechón. Además, se determinó la media del diámetro de fibra (MDF), el coeficiente de variación de la MDF (CV MDF) y el porcentaje de fibras menores a 30 micras (Fib<30mic), tanto de fibras finas como de gruesas, utilizando el FIBER EC de acuerdo a la metodología indicada por Quispe *et al.* (2017).

Las muestras de la CC Mestizas también fueron sometidas al proceso del descerchado manual, de acuerdo con el procedimiento anteriormente indicado. Para una mejor separación de las cerdas se colocó como base un papel contrastante con el color de fibra a descerchar (negro para fibra blanca y blanco para fibra de color) encima de la mesa. De cada muestra descerdada se obtuvieron tres componentes: fibra fina, gruesa e impurezas (esta última compuesta por fibras muy cortas, restos vegetales y tierra), los cuales fueron pesados en una balanza analítica.

Análisis Estadístico

Los datos obtenidos se procesaron mediante el paquete estadístico R v. 3.1.1. (R Core Team, 2020). Se inició con un análisis

Cuadro 1. Estadísticos del peso vivo, peso de vellón y características tecnológicas de la fibra de llamas K'ara (Apurímac, Perú)

VARIABLES	n	Promedio	D.E.	Mínimo	Máximo	E.E.
<i>Características productivas</i>						
Peso vivo (kg)	35	87.9	26.4	47.1	154.5	4.4
Peso vellón (g)	49	1175.1	675.9	403.7	2811.4	96.6
<i>Características tecnológicas de la fibra</i>						
Fibra fina						
MDF (μm)	49	21.3	2.0	17.6	25.6	0.3
CV MDF (%)	49	18.9	1.4	15.7	21.7	0.2
Fib<30mic (%)	49	95.7	3.4	85.8	99.6	0.5
Crecimiento/mes (mm)	20	5.2	0.8	4.3	7.6	0.2
Rinde al descordado (%)	20	71.0	8.5	54.3	90.6	1.9
Fibra gruesa						
MDF (μm)	49	49.8	9.4	32.5	63.7	1.3
CV MDF (%)	49	24.7	6.3	13.6	39.5	0.9
Fib<30mic (%)	49	13.1	12.1	0.4	47.1	1.7
Crecimiento/mes (mm)	20	9.7	1.0	7.6	11.6	0.2
Rinde al descordado (%)	20	16.9	7.4	3.6	38.6	1.7

MDF: Media del diámetro de fibra; CVMDF: Coeficiente de variación de la MDF; Fib<30mic: Porcentaje de fibras menores a 30 micras; D.E.= desviación estándar; E.E. = error estándar

exploratorio univariado, pasando luego por la prueba de Shapiro y de Barlett para evaluar la normalidad de los residuos estandarizados y la homogeneidad de varianzas de los datos. Datos correspondientes a Fib<30mic fueron sometidos a una transformación trigonométrica; pero para la presentación de resultados se realizaron las reconversiones respectivas.

Para evaluar las características de calidad de la fibra fina y gruesa, así como del peso vivo y peso de vellón se calcularon los principales estadísticos mediante el paquete «*psych*» de R. Para la evaluación del efecto sexo, zona de muestreo y su interacción, así como de las covariables edad, peso vivo y peso de vellón sobre las características de calidad de la fibra fina y fibra gruesa se utili-

zó un modelo aditivo lineal con covariables. Asimismo, para evaluar el efecto del sexo, color de vellón y categoría etaria (crías, tuis y adultos) sobre características del crecimiento mensual de los dos tipos de fibras y sobre el rinde al descordado de fibras finas se usó un modelo aditivo lineal, haciendo posteriormente un análisis de varianza de tipo III por tratarse de datos desbalanceados. Las diferencias de medianas se visualizaron mediante gráficos de cajas y bigotes, mientras para las interacciones se utilizaron gráficos de medias. Adicionalmente, para evaluar las relaciones entre dos variables (que resultaron significativos en el modelo aditivo lineal) se elaboraron gráficos de puntos, mostrando sus correlaciones de Pearson y ecuaciones de regresión simples, dentro de los gráficos.

RESULTADOS

Peso vivo, peso de vellón, fibra fina, fibra gruesa, crecimiento de fibra/mes y rinde al descordado de llamas K'ara

Las características productivas y tecnológicas de la fibra se muestran en el Cuadro 1. El peso vivo promedio fue relativamente alto 87.9 ± 4.4 kg (promedio \pm error estándar), encontrándose inclusive llamas por encima de los 150 kg; sin embargo, la producción de fibra fue baja (1175.1 ± 96.6 g), incluyendo vellones menores a 500 g. Por otro lado, las fibras finas presentaron una buena calidad, reflejado en su diámetro (21.3 ± 0.3 μ m), coeficiente de variación ($18.9 \pm 0.2\%$) y Fib<30mic ($95.7 \pm 0.5\%$), encontrando animales con MDF menores a 18 μ m, con baja variabilidad entre las fibras (<16%) y con Fib<30mic cercanos al 100%.

También se encontró que, aunque las fibras finas crecen más lentamente que las fibras gruesas (5.2 ± 0.2 y 9.7 ± 0.2 mm/mes,

respectivamente), tienen un buen rendimiento al descordado (71.0 ± 1.9), habiéndose detectado inclusive muestras con un rendimiento mayor al 90%, aunque también se presentaron vellones con rendimiento de fibras finas cercanas al 50%. Alrededor del 13% corresponde a impurezas y materias extrañas (principalmente tierra) en el vellón, que son obtenidos como productos del proceso manual de descordado.

Edad, peso vivo, peso de vellón, sexo, zona e interacción zona x sexo de las fibras finas y gruesas sobre la MDF, CVMDF y Fib<30mic de llamas K'ara

El efecto de la edad, peso vivo, peso de vellón, sexo, zona e interacción sexo x zona de las fibras finas y gruesas sobre las características tecnológicas de la fibra de llamas K'ara se presenta en el Cuadro 2. En las fibras finas no hubo efecto de las variables e interacciones sobre la MDF, CVMDF y Fib<30 micras, a excepción del peso vivo ($p < 0.001$) sobre MDF y sobre Fib<30 micras (< 0.001). En fibras gruesas tampoco se ob-

Cuadro 2. Efectos de la edad, peso vivo, peso de vellón, sexo, zona e interacción sexo x zona de fibras finas y gruesas sobre las características tecnológicas de la fibra de llamas K'ara criadas en CICS-Lachos (n=49)

	MDF	CVMDF	Fib<30mic
	P-valor	P-valor	P-valor
Fibras finas			
Edad	0.156	0.750	0.238
Peso vivo	<0.001	0.706	<0.001
Peso de vellón	0.605	0.319	0.615
Sexo	0.347	0.170	0.064
Zona	0.272	0.906	0.615
Sexo x Zona	0.670	0.187	0.342
Fibras gruesas			
Edad	0.176	0.158	0.694
Peso vivo	0.002	0.003	0.050
Peso de vellón	<0.001	0.276	0.222
Sexo	0.776	0.199	0.169
Zona	0.877	0.177	0.116
Sexo*Zona	0.718	0.634	0.537

MDF: Media del diámetro de fibra; CVMDF: Coeficiente de variación de la MDF; Fib<30mic: Porcentaje de fibras menores a 30 micras

servaron efectos de la edad, sexo, zona corporal e interacción sexo*zona sobre el MDF, CVMDF y Fib<30mic; sin embargo, el peso vivo tuvo efecto significativo (<0.001) sobre la MDF, CVMDF y %Fibras<30 mic (<0.001), y el peso de vellón sobre la MDF.

Regresión del peso vivo y peso de vellón de fibras finas y gruesas sobre la MDF, CVMDF y Fib<30mic de llamas K'ara

Los estadísticos de las regresiones peso vivo y peso de vellón sobre la MDF, CVMDF y Fib<30mic de fibras finas y gruesas de llamas K'ara se muestran en el Cuadro 3. El peso vivo tiene una relación lineal directa y significativa ($p < 0.001$) con la MDF, pero inversa con el Fib<30mic para el caso de las

fibras finas; sin embargo, los coeficientes de regresión (b_{xy}) son bajos ($0.034 \mu\text{m}$ y $-0.061 \mu\text{m}$, respectivamente). Las demás evaluaciones no mostraron relaciones significativas ($p > 0.05$). En el caso de las fibras gruesas solo se encontró que el peso de vellón tiene relación inversa con la MDF y directa con el Fib<30mic; sin embargo, los (b_{xy}) son igualmente muy bajos ($-0.006 \mu\text{m}$ y $0.007 \mu\text{m}$, respectivamente). Estos resultados indican que, por cada 10 kg de incremento del peso vivo de las llamas, la MDF se incrementaría apenas en $0.34 \pm 0.08 \mu\text{m}$, mientras que el Fib<30mic disminuiría en 0.61%, en las fibras finas de las llamas; en tanto que por cada 100 g de incremento del peso de vellón, la MDF de las cerdas disminuiría entre 0.99 y $0.28 \mu\text{m}$, pero incrementaría el Fib<30mic entre 0.20 y 1.2%.

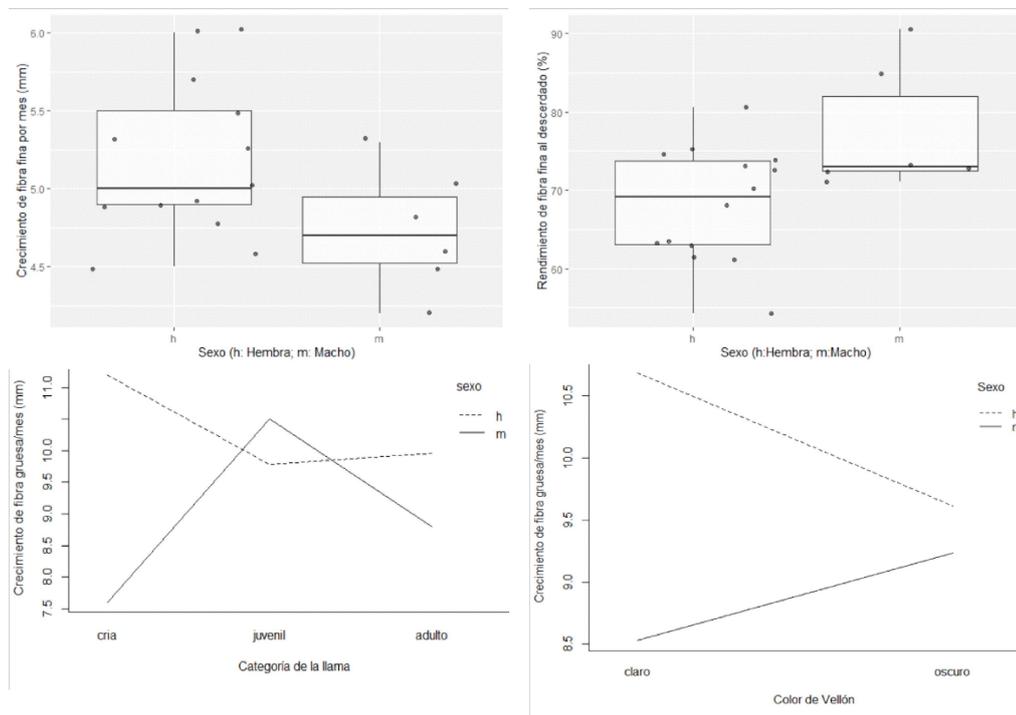


Figura 1. Parte superior: Gráfico de cajas y bigotes por sexo, del crecimiento por mes de fibras finas y rendimiento de fibras finas al descordado. Parte inferior: Gráfico de medias mostrando interacción entre sexo con color de vellón y categoría, con respecto al crecimiento de fibras gruesas de llamas K'ara

Cuadro 3. Regresiones del peso vivo y peso de vellón sobre la MDF, CVMDF y Fib<30mic de fibras finas y gruesas de llamas K'ara, criadas en CICS-Lachoc

	Peso vivo (n=35)		Peso de vellón (n=49)	
	Coefficiente de regresión	P-valor	Coefficiente de regresión	P-valor
Fibras finas				
MDF	0.034	0.007	0.001	0.372
CVMDF	0.003	0.720	0.001	0.103
Fib<30mic	-0.061	0.004	-0.001	0.117
Fibras gruesas				
MDF	0.001	0.990	-0.006	< 0.001
CVMDF	0.046	0.195	0.001	0.459
Fib<30mic	0.079	0.069	0.007	0.006

MDF: Media del diámetro de fibra; CVMDF: Coeficiente de variación de la MDF; Fib<30mic: Porcentaje de fibras menores a 30 micras

Cuadro 4. Efecto del sexo, color, categoría etaria e interacciones sobre el crecimiento mensual de fibras finas, gruesas y sobre el rendimiento al descordado manual de fibras en llamas K'ara

Factores	Crecimiento mensual		Rinde de fibras finas al descordado
	Fibras finas (p-valor)	Fibras gruesas (p-valor)	(p-valor)
Sexo	0.026	0.002	0.039
Color	0.183	0.068	0.103
Categoría	0.063	0.177	0.541
Sexo*color	0.115	0.017	0.565
Sexo x categoría	0.086	0.004	0.937
Color x categoría	0.065	0.537	0.640

Efecto del sexo, color, categoría etaria e interacciones sobre el crecimiento mensual de fibras finas y gruesas, y rinde de fibras finas al descordado

Los efectos del sexo, color, categoría etaria y las interacciones entre los factores en estudio, sobre el crecimiento mensual de fibras finas y gruesas y sobre el rinde de fibras finas al descordado se muestran en el

Cuadro 4. En las fibras finas solo el sexo tuvo efecto sobre el crecimiento mensual ($p=0.026$) y el rinde al descordado ($p=0.039$), observándose que las hembras tienen mayor tasa de crecimiento de fibras finas, pero a la vez menor rinde al descordado de fibras finas en comparación a los machos (Figura 1, parte superior). De otro lado, el sexo ($p=0.002$), la interacción sexo x categoría ($p=0.017$) y sexo x categoría ($p=0.004$) tuvo efecto sobre el cre-

Evaluación de fibras finas y gruesas de llamas K'ara

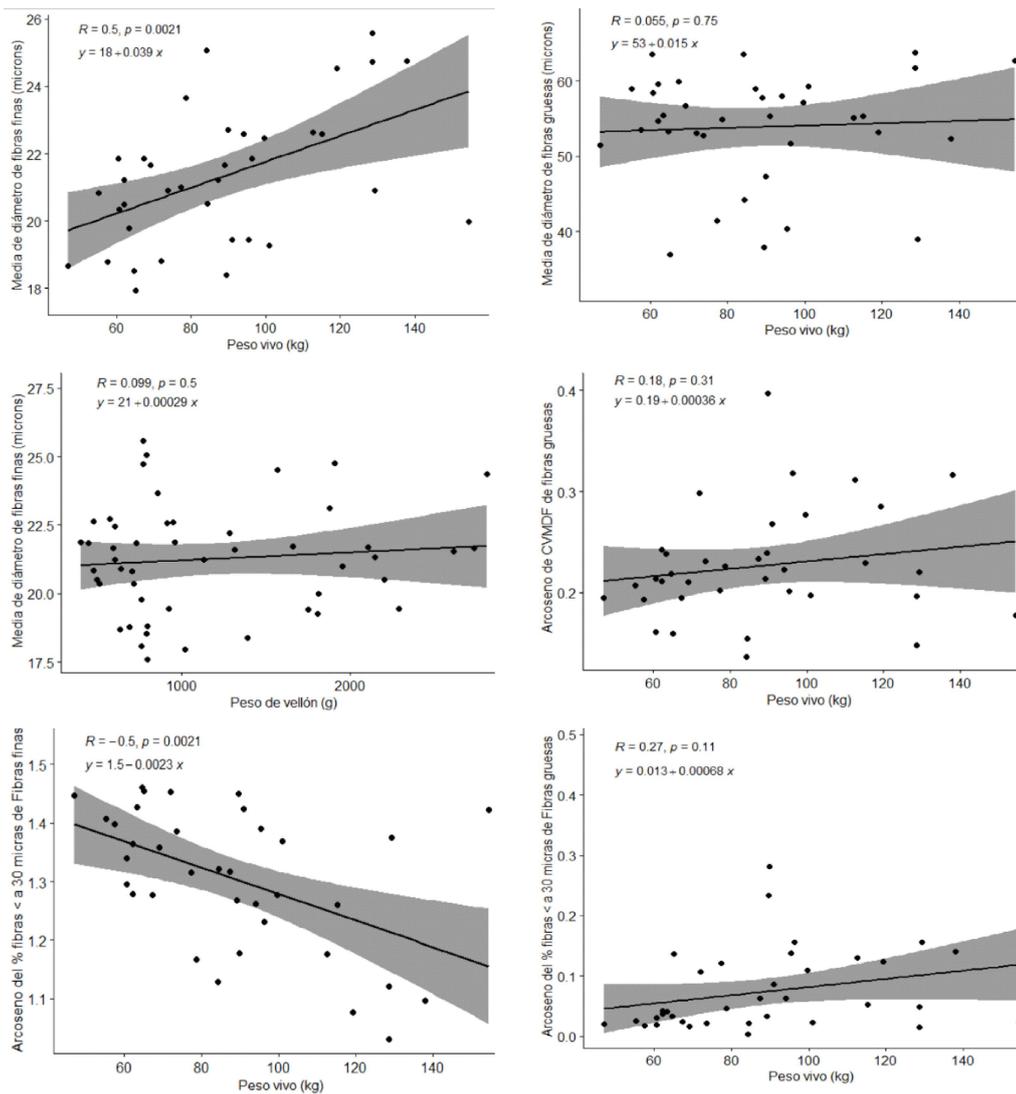


Figura 2. Gráfico de puntos del peso vivo con media del diámetro de fibra (MDF); MDF de fibras finas, MDF de fibras gruesas, arcoseno del Coeficiente de variación de la MDF (CVMDF) de fibras gruesas, arcoseno del porcentaje de fibras menor a 30 μ m de fibras finas y gruesas, y gráfico entre el peso de vellón y MDF de fibras finas de llamas K'ara. Se presenta, además, los coeficientes de correlación de Pearson y ecuaciones de regresión

cimiento de las fibras gruesas. En la Figura 1 (parte inferior) se observa que en llamas con fibras de colores claros los machos tendrían un menor crecimiento comparado con las hembras, pero que en colores oscuros esta

diferencia es bastante menor. Asimismo, en crías y animales adultos, los machos tendrían un menor crecimiento de las fibras gruesas comparado a las hembras, ocurriendo lo contrario en animales jóvenes.

Relaciones entre características productivas y de calidad de fibras de llamas K'ara

La Figura 2 muestra las relaciones lineales bivariadas de peso vivo y peso de vellón con la MDF, CVMDF y Fib<30mic en fibras finas y gruesas. El peso vivo tuvo relación directa con la MDF e inversa con el arcoseno del Fib<30mic en fibras finas, con una correlación mediana de 0.50 entre ellos para ambos casos. Las correlaciones para las demás relaciones bivariadas no fueron significativas.

Las relaciones bivariadas entre características de calidad de fibras finas y gruesas se muestran en la Figura 3. Se observa que las pendientes resultan ser muy similares para

crías, tuis y adultos cuando se relacionan la MDF y el arcoseno del Fib<30mic, encontrándose una correlación alta ($r=0.95$); sin embargo, cuando se relacionan la MDF de fibras finas y gruesas, las pendientes para crías y animales adultos son más altas que para tuis, mientras que cuando se relaciona el CVMDF de fibras finas con la MDF de fibras gruesas, la relación es de tipo inversa, obteniéndose una pendiente más pronunciada en crías (coeficiente de regresión = -2.9), en comparación a tuis y animales adultos (coeficientes de regresión = -1.2 y 1.1, respectivamente). Finalmente, cuando se relaciona el CVMDF y arcoseno de Fib<30mic, la mayor pendiente se obtiene en animales adultos (coeficiente de regresión = 0.06), con un coeficiente de correlación de 0.41.

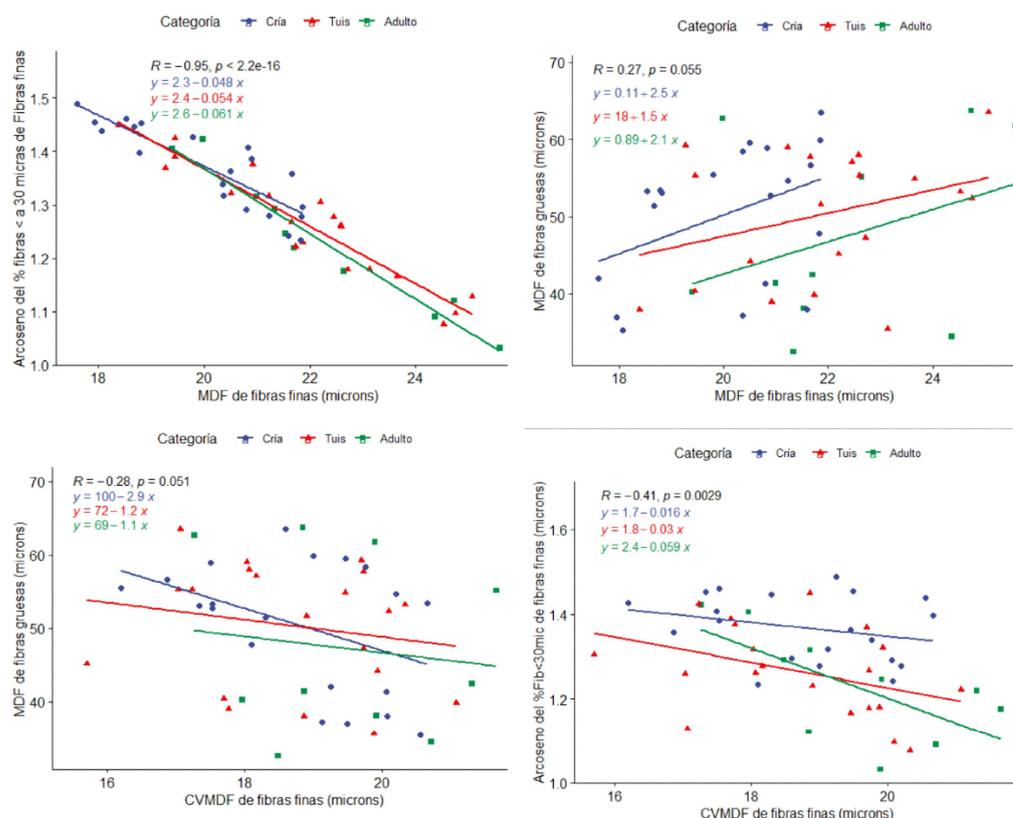


Figura 3. Parte superior: Gráfico de puntos, con ajustes de líneas de regresión de relación por categorías etarias entre variables de fibras finas y gruesas de llamas K'ara. Se presentan, además, los coeficientes de regresión y las líneas de regresión por categorías etarias

DISCUSIÓN

El peso de vellón obtenido para las llamas K'ara (1175.1 ± 96.6 g) es menor (1.71 kg) a lo reportado por Ayala *et al.* (2018) para llamas de 21 meses de edad, no habiendo otros valores en la literatura con fines de comparación. Si se considera el peso vivo (87.9 ± 26.4 kg), se debería esperar mayor peso de vellón, tal como se observa en alpacas y ovinos que producen mayor cantidad de fibra con relación al peso vivo. La baja producción de fibra podría deberse a que la especialidad productiva de estas llamas es la carne y la fibra queda como un producto secundario (Bonacic, 1991; Stemmer *et al.*, 2005).

La MDF (21.3 ± 2 μ m) registrada en el presente trabajo es inferior al encontrado por Condor *et al.* (2022), quienes obtuvieron valores cercanos a 38 μ m; así como a los valores reportados por Maquera (1991) y Martínez *et al.* (1997) con MDF para fibras finas de 24 y 25 μ m. No obstante, Ayala *et al.* (2018), Poma (2018) y Alendez (2021) encontraron MDF de 21 - 22 μ m, similares a los del presente estudio. La MDF, CVMDF y Fib<30mic encontradas en el estudio permite indicar que se podrían confeccionar prendas de vestir de excelente calidad en la industria textil. Por otro lado, el CVMDF ($24.7 \pm 6.3\%$) encontrado en fibras gruesas es inferior al 48.4% , reportado por Mancilla (2017); sin embargo, esta enorme diferencia podría deberse a la evaluación de este parámetro utilizando solo fibras gruesas, lo que indica que, al evaluar en forma independiente fibras finas y gruesas, se obtienen fibras con buena homogeneidad, que resulta importante dentro de los procesos textiles.

El resultado en torno a la tasa de crecimiento de fibras gruesas es ligeramente superior al reportado por Mueller *et al.* (2010) en llamas argentinas y Ayala *et al.* (2018) en llamas K'aras bolivianas, quienes encontraron una tasa de crecimiento entre 9 y 8 mm/mes. Esta diferencia puede deberse al genotipo,

alimentación y, en general, al medioambiente. Lamentablemente, no se pudo encontrar reportes sobre la tasa de crecimiento de fibras finas, pero considerando el resultado obtenido (5.2 ± 0.8 mm/mes), se podría deducir que se tendría un crecimiento de más de 60 mm al año, valor que supera los 50 mm de longitud mínima necesaria para industrializar la fibra en el sistema de peinado, que es el mejor sistema para producir productos textiles finos y de alta calidad.

Por otro lado, se encontró un mayor crecimiento de las fibras gruesas (9.7 cm) que de las fibras finas (5.2 cm), lo cual se debería al gen FGF5 (factor de crecimiento de fibroblastos) que controla el ciclo y afecta la longitud del crecimiento de las fibras. El gen FGF5 tiene dos transcripciones: una de longitud completa y otra de longitud corta, que carece del exón 2. La forma completa induce la fase catágena, una función que es antagonizada por la forma corta que prioriza la fase anágena, de tal modo que mutaciones de pérdida de función en el gen FGF5 han sido asociados con fenotipos de pelo largo en algunas especies, incluidos los camélidos (Anello *et al.*, 2022). De otro lado, es preciso indicar que la presencia de fibras gruesas en los vellones de las llamas representa una adaptación específica para que dichos animales puedan prosperar en ambientes duros, pues ellas son las encargadas de proteger la capa interna subyacente, reducir la pérdida de calor corporal y actuar como una barrera física contra el viento (Gerken, 2010).

A pesar de que las llamas K'ara no tienen la especialidad productiva de fibra como las llamas Chaku, el rendimiento al descordado de fibras finas es relativamente alto (71%), lo cual se incrementaría a 81.6% si no se considera el contenido de las impurezas. Cochi (1999) y Ayala *et al.* (2018) encontraron, en forma similar, rendimientos de 80.0 y 81.8% , respectivamente, pero que resultan inferior al rendimiento en llamas Chaku. Sin embargo, con base a los resultados obtenidos se podría afirmar que las llamas K'ara

tienen alta proporción de fibras finas de buena calidad textil, la cual no es aprovechada adecuadamente por la industria textil (Stemmer *et al.*, 2005). Uno de los inconvenientes para obtener fibras finas de llamas es el alto costo económico del descordado manual, cuya producción de fibra fina/h puede ser tan baja como de 10 g/persona/h (Quispe *et al.*, 2015). Sin embargo, esta baja producción podría solucionarse a corto plazo mediante el descordado utilizando máquinas Minimills (Sacchero *et al.*, 2017) o en el largo plazo mediante selección genética.

La falta de efecto del sexo sobre MDF, CVMDF y Fib<30mic ha sido reportada (Martínez *et al.*, 1997; Siguayro, 2009; Mancilla, 2017). De otro lado, la falta de efecto de la zona corporal (P, C y N) sobre las características de calidad de la fibra de llama resulta similar a los resultados encontrados en alpacas (Huanca *et al.*, 2006), demostrándose homogeneidad de la MDF, incluyendo las variaciones en las distintas zonas corporales, lo cual favorecería enormemente la calidad textil de las prendas de vestir hechas con fibras finas de llamas K'ara. Estas podrían lograr un buen precio en el mercado por ser un producto exótico. Asimismo, el hecho de no encontrar efecto significativo de la edad sobre la MDF podría ser consecuencia que los animales no habían sido esquilados anteriormente.

El hallazgo del efecto del sexo sobre el crecimiento mensual tanto de las fibras finas como de gruesas y sobre el rinde de fibras finas al descordado, resulta diferente a lo hallado por Poma (2018) quien encontró longitudes de fibra similares entre llamas (K'ara y Chaku) machos (8.9 cm) y hembras (8.7 cm), así como por Castellaro *et al.* (1998) y Quispe *et al.* (2014), quienes no encontraron efecto del sexo sobre la tasa de crecimiento de las fibras de alpaca.

El efecto y relación directa del peso vivo sobre la MDF encontrado indica que a mayor peso vivo mayor MDF de las fibras finas y gruesas; sin embargo, este efecto resultaría ser mayor en fibras finas que en fibras gruesas, pues el b_{xy} para fibras finas es mayor y significativo, comparado al de fibras gruesas, cuyo b_{xy} no es significativo. Estos resultados se deberían a la mayor superficie de piel que tienen los animales con mayor peso vivo, lo que permitiría un mayor incremento de nutrientes que repercuten en el incremento del diámetro de las fibras (Adams y Cronje, 1999; Wuliji *et al.*, 2000).

La relación inversa entre la MDF de fibras gruesas y el peso de vellón encontrada resulta particular y contradictoria con lo reportado en llamas por Frank *et al.* (2011), quienes reportan una correlación positiva de 0.36 ($p=0.04$) entre estas variables. Asimismo, difiere los hallazgos de otros autores en fibras de alpacas (Wuliji *et al.*, 2000; Quispe *et al.*, 2009) quienes refieren que a mayor peso de vellón existe una mayor MDF. Estas diferencias podrían deberse a la metodología utilizada, pues Frank *et al.* (2011) no separaron fibras finas y fibras gruesas.

CONCLUSIONES

- Las fibras finas de llamas K'ara s presentan una media del diámetro de fibra (MDF) de $21.3 \pm 0.3 \mu\text{m}$ que a la vez exhiben alta homogeneidad expresado con un coeficiente de variación de la MDF (CVMDF) de 18.9%, lo que refleja una buena calidad, favorable para la industria textil.
- Las fibras finas tienen una menor tasa de crecimiento que las fibras gruesas (5.2 ± 0.2 y 9.7 ± 0.2 mm/mes, respectivamente), con un rendimiento al descordado de más de 70%.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los estudiantes y personal del CIDCS – Lachocc de la UNH por el apoyo en la esquila de los animales. También agradecen al productor de llama ubicado en Huaccoto.

LITERATURA CITADA

1. **Adams NR, Cronjè PB. 2003.** A review of the biology linking fibre diameter with fleece weight, liveweight, and reproduction in Merino sheep. *Crop Pasture Sci* 54: 1-10. doi: 10.1071/AR02059
2. **Alendez E. 2021.** Algunas características de la fibra de llama Ch'acu (*Lama glama*) sin descender y descerdado, Kishuará-Andahuaylas. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista. Abancay, Perú: Univ. Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. 59 p.
3. **Anello M, Daverio MS, Di Rocco F. 2022.** Genetics of coat color and fiber production traits in llamas and alpacas. *Anim Front* 12: 78-86. doi: 10.1093/af/vfac050
4. **Ayala C, Bustinza V, Rodríguez T. 2018.** Crecimiento en peso vivo y en largo de mecha en llamas de la Estación Experimental Patacamaya, Bolivia. *Rev Investig Innov Agropecu Recur Nat* 5: 43-47.
5. **Bonacic C. 1991.** Características biológicas y productivas de los camélidos sudamericanos. *Avances en Ciencias Veterinarias* 6: 3-15. doi: 10.5354/acv.v6i2.4642
6. **Cano L, Rosadio R, Maturrano L, Dávalos R, Wheeler J. 2012.** Caracterización fenotípica y análisis de ADN mitocondrial de Llamas de Marcapacocha, Perú. *Rev Inv Vet Perú* 23: 388-398.
7. **Castellaro G, García-Huidoro J, Salinas P. 1998.** Alpaca liveweight variations and fiber production in Mediterranean range of Chile. *J Range Manage* 51: 509-513. doi: 10.2307/4003366
8. **Cochi N. 1999.** Determinación del rendimiento y calidad de la fibra descerdada en llamas. Tesis de Ingeniero Agrónomo. UNMSA. 120 p.
9. **Cóndor JR, Paucar Y, Paucar R. 2022.** Caracterización morfológica, parámetros productivos y características textiles en llama (*Lama glama*) K'ara en Huancavelica. *Rev Investig Agropecu Sci Biotechnol* 2: 21-31. doi: 10.25127/riagrop.20223.846.
10. **Frank EN, Castillo M, Prito M, Adot O. 2014.** Fiber-based components determining handle and skin comfort in fabrics made from dehaired and non dehaired llama fiber. *Int J Appl Sci Technol* 4: 51-66.
11. **Frank EN, Hick MVH, Frank EN, Hick MV, Adot O. 2012.** Determination of dehairing, carding, combing and spinning difference from Lama type of fleeces. *Int J Appl Sci Tech*, 2: 61-70.
12. **Molina MG, Caruso LM. 2011.** Genetic parameters for fleece weight and fibre attributes in Argentinean llamas reared outside the Altiplano. *Small Ruminant Res* 99: 54-60. doi: 10.1016/j.smallrumres.2011.03.048
13. **Gerken M. 2010.** Relationships between integumental characteristics and thermoregulations in South American camelids. *Animal* 4: 1451-1459. doi: 10.1017/S1751731109991443.
14. **Hick M, Frank E, Prieto A, Castillo M. 2014.** Etnozootecnia de poblaciones de llamas (*Lama glama*) productoras de fibra de la provincia de Jujuy, Argentina. *Arch Latinoam Prod Anim* 22: 1-8.
15. **Huanca T, Apaza N, Lazo A. 2006.** Evaluación del diámetro de fibra en alpacas de las comunidades de los distritos de Cojata y Santa Rosa – Puno. En: XX Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal. Cusco, Perú.
16. **[INEI] Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2013.** Resultados definitivos: IV Censo Nacional Agropecuario 2012. Lima, Perú: INIA.

17. **Iñiguez L, Alem R. 1996.** La función de los camélidos como medio de transporte e intercambio en la región andina de Bolivia. Roma: FAO. [Internet]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/W0613T/w0613T07.htm>
18. **Iñiguez L, Alem R, Wauer A, Mueller J. 1998.** Fleece types, fiber characteristics and production system of an outstanding llama population from Southern Bolivia. *Small Ruminant Res* 30: 57-65. doi: 10.1016/S0921-4488(98)-00079-0
19. **Laine F, Pinares R, Paucara V, Machaca V, Quispe E. 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
20. **Mamani-Linares L, Cayo F, Gallo C. 2014.** Características de canal, calidad de carne y composición química de carne de llama: una revisión. *Rev Inv Vet Perú* 25: 123-150. doi: 10.15381/rivep.v25i2.8484
21. **Mancilla WJ. 2017.** Características textiles de la fibra de llamas (*Lama glama*) Q'ara y C'hacu en el CIP La Raya UNA – Puno. Tesis de Médico Veterinario Zootecnista. Puno; Universidad Nacional del Altiplano. 67 p.
22. **Maquera F. 1991.** Características y persistencia fenotípica en llamas k'aras y lanudas del centro experimental La Raya – Puno. Tesis de Maestría. Lima, Perú: Univ. Nacional Agraria La Molina. 108 p.
23. **Martínez Z, Iñiguez L, Rodríguez T. 1997.** Influence of effects on quality traits and relationships between traits of the llama fleece. *Small Ruminant Res* 24: 203-212. doi: 10.1016/S0921-4488(96)-00925-X
24. **Mueller J, Rigalt F, Cancina A, Lamas H. 2010.** Calidad de las fibras de camélidos sudamericanos en Argentina. En: Simposio Internacional de Fibras de Camélidos Sudamericanos. Huancaavelica, Perú.
25. **Pinares R. 2014.** Variación de las características textiles de la fibra al descerdao en siete regiones corporales del vellón de llama (*Lama glama*) Chaku. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista. Abancay, Perú: Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. 44 p.
26. **Pari P. 1993.** Algunas características físicas de la fibra de llama Q'ara y Ch'acu de Quimscachata Puno. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista. Puno, Perú: Univ. Nacional del Altiplano. 105 p.
27. **Poma G. 2018.** Evaluación de las características de la fibra de llama (*Lama glama*) a la primera esquila en la mancomunidad de municipios Aymaras sin fronteras para su procesamiento en la industria textil. *Aphapi* 4: 1275-1286.
28. **Quispe EC, Alfonso L, Flores A, Guillén H, Ramos Y. 2009.** Bases para un programa de mejora de alpacas en la región Altoandina de Huancavelica - Perú. *Arch Zootec* 58: 705-716.
29. **Quispe EC, Poma A, McGregor B. 2014.** Effect of genotype and sex on fiber growth rate of alpacas for their first year of fleece production. *Arch Med Vet* 46: 151-155. doi: 10.4067/S0301-732X-2014000100021
30. **Quispe EC, Chipa L, Pinares R. 2015.** Análisis económico y de la producción del descerdao manual de la fibra de llamas (*Lama glama*) Chaku. *Arch Zootec* 64: 191-198.
31. **Quispe EC, Rodríguez T, Iñiguez L, Mueller J. 2009.** Producción de fibra de alpaca, llama, vicuña y guanaco en Sudamérica. *Anim Genet Resour Inf* 45: 1-14. doi: 10.1017/S1014233909990277
32. **Quispe-Ccasa H, Lloccallasi N, Choquepuma W, Huanca N, Cayo-Colca I, Saucedo J, Cucho H. 2020.** Evaluación objetiva de características de finura y resistencia en vellones de llama (*Lama glama*) Ch'aku. *Rev Inv Vet Perú* 31: e17823. doi: 10.15381/rivep.-v31i2.17823

33. **Quispe-Huanca J. 2014.** Caracterización fenotípica de llama del tipo T'ampullu conservadas en condición *in situ* en las Regiones de Quetena Grande, Potosí y Calientes, Cochabamba. Tesis de Maestría. Cochabamba, Bolivia: Univ. Mayor de San Simón.
34. **Quispe MD, Benavidez G, Sauri, RA, Bengoechea JJ, Quipse EC. 2017.** Development and preliminary validation of an automatic digital analysis system for animal fibre analysis. *S Afr J Anim Sci* 47: 822-833. doi: 10.4314/sajas.-v47i6.10
35. **R Core Team. 2020.** R: A language and environment for statistical computing. [Internet]. Disponible en: <https://www.R-project.org/>
36. **Rodríguez T. 2006.** Producción de fibra de camélidos: calidad de fibra de llama descordada y clasificada. En: Cardozo A (ed). *Camélidos*. Bolivia, Cochabamba: Centro de Investigaciones en Forrajes «La Violeta». p 361-374.
37. **Rossanigo C, Giuliotti J, Silva J, Frigerio K. 1997.** La llama como alternativa productiva en la Provincia de San Luis. San Luis, Argentina. Argentina: INTA, Centro Regional la Pampa.
38. **Sacchero D, Maurino J, Saez A. 2017.** Producción y transformación de fibra de llamas en Patagonia. Bariloche, Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 10 p.
39. **Siguayro R. 2017.** Comparación de las características físicas de las fibras de la llama Cha'ku (*Lama glama*) y la alpaca Huacaya (*Lama pacos*) del Centro Experimental Quimsachata del INIA – Puno. Tesis de Maestría. Lima, Perú: Univ. Nacional Agraria La Molina. 77 p.
40. **Stemmer A, Valle Zárate A, Nuemberg N, Delgado J, Wurzinger M, Soelkner J. 2005.** La llama de Ayopaya: Descripción de un recurso genético autóctono. *Arch Zootec* 54: 253-259.
41. **Vilá A. 1996.** Producción y manejo de camélidos sudamericanos domésticos. Buenos Aires, Argentina: Asociación de Criadores de Camélidos de Argentina. 115 p.
42. **Wuliji T, Davis GH, Dodds KG, Turner PR, Andrews RN, Bruce GD. 2000.** Production performance, repeatability and heritability estimates for live weight, fleece weight and fiber characteristics of alpacas in New Zealand. *Small Ruminant Res* 37: 189-201. doi: 10.1016/S0921-4488(00)00127-9