

Características textiles de las fibras *down* de llamas *Ch'aku* (*Lama glama*) de la Puna húmeda - Kishuara - Andahuaylas - Apurímac

Textile characteristics of the down fibers of Ch'aku llamas (Lama glama) from the humid Puna - Kishuara - Andahuaylas - Apurímac

Jesús Quispe*^{1,5}, Virgilio Machaca², Edith Alendéz², Diana Quispe*³, Víctor Bustinza⁴, Roger Machaca⁵

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo conocer las características tecnológicas de las fibras *down* como el diámetro medio (DM), coeficiente de variabilidad del diámetro medio (CVDm), factor de confort (FC), finura de hilado e índice de curvatura (IC) de las fibras *down* de llamas *Ch'aku* según sexo, color y edad; y el grado de asociación entre dichas características en los rebaños de la Comunidad Kishuara de la provincia de Andahuaylas, región Apurímac-Perú. Estas características se analizaron mediante dos modelos: un arreglo factorial de 2x2x3x3 y un arreglo factorial de 2x3x3 conducido en un diseño completo al azar. Según los resultados, para el factor sexo solo las características IC mostraron diferencias ($P \leq 0,05$); el patrón de color del vellón no influye en la expresión de las características de la fibra *down*, y en la categoría etaria, el FC es la única variable que no guarda relación con la edad del animal, mientras que las demás características textiles presentan diferencias ($P \leq 0,05$). Los coeficientes de correlación entre las características tecnológicas de la fibra de llamas se clasifican en asociación de excelente a mínima. En síntesis, las fibras *down* de las llamas *Ch'aku* reúnen la calidad suficiente para ser utilizadas en la industria textil.

Palabras clave: fibra, descerdado, rara, autóctono, textil, camélidos.

ABSTRACT

The objective of this research is to know the technological characteristics of down fibers such as mean diameter (DM), coefficient of variability of mean diameter (CVDm), comfort factor (FC), spinning fineness and curvature index (IC) of Ch'aku llama down fibers according to sex, color and age; and the degree of association between these characteristics in the herds of the Kishuara Community of the province of Andahuaylas, Apurímac-Peru. These characteristics were analyzed by means of two models, the first one corresponds to a 2x2x3x3 factorial arrangement and the second one corresponds to a 2x3x3 factorial arrangement conducted in a Complete Randomized Design. The results were: for the sex factor, only the IC characteristics showed differences ($P \leq 0,05$); the fleece color pattern did not influence the expression of down fiber characteristics; and in the age category, FC was the only variable that did not correlate with the age of the animal; while the other textile characteristics showed differences ($P \leq 0,05$). The correlation coefficients between the technological characteristics of llama fiber are classified in association from excellent to minimal. In summary, the down fibers of Ch'aku llamas are of sufficient quality to be used in the textile industry.

Keywords: fiber, debristered, rare, autochthonous, textile, camelid.

¹ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional del Altiplano. Perú.

² Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. Perú.

³ Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. Perú.

⁴ Instituto de Investigación y Promoción de Camélidos Sudamericanos de la UNA Puno, Perú.

⁵ Instituto Superior Tecnológico Público, Sangarará, Cusco, Perú.

* Autor para correspondencia: dquispe@unamba.edu.pe

Introducción

La llama (*Lama glama*, Linnaeus, 1758) es el camélido autóctono de los Andes que tiene la mayor dispersión geográfica. Bolivia y Perú, con 2.062.162 y 746.269 llamas, respectivamente, concentran la mayor población mundial (CENAGRO, 2012) que tiene gran importancia económica, social y cultural para miles de familias asentadas allí. El valor utilitario de la llama radica en la producción de carne, fibra y piel; su milenaria historia como medio de transporte y su distinción social, así como el sacrificio en los rituales andinos (Flannery *et al.*, 1989). Fenotípicamente existen dos razas de llamas: *Ch'aku* y *K'ara*, las cuales poseen características morfológicas, fanerópticas, morfoestructurales y fisiozootécnicas (Quispe *et al.*, 2016) que son transmisibles a la descendencia.

En general, las llamas *Ch'aku* se distinguen por el tipo de vellón, pues presentan mayor volumen y mechas más largas, el típico copete que cae sobre la frente y la abundante cobertura corporal (Maquera, 1991; Quispe *et al.*, 2015). Las llamas poseen un vellón de doble capa: la primera compuesta de fibras finas, suaves, más cortas y valiosas denominadas fibras *down*; y la segunda compuesta de fibras gruesas y largas (pelos o *ch'illa*) que aparece entremezclada con la primera capa (Sacchero y Mueller, 2005; Frank *et al.*, 2011).

En este contexto, se ha generalizado la creencia de que las fibras de llamas son gruesas y tienen abundancia de pelos. Por ello, los comerciantes de fibra han abandonado la compra y aprovechamiento de la fibra de llama que era costumbre de los preincas e incas. En la fibra producida ellos distinguían, por función y uso, los tejidos burdos (*ahuasca*), destinados para el pueblo, y los tejidos finos (*cumbi*), fabricados con fibra de alpaca y vicuña, que eran utilizados por la nobleza, el ejército y los sacerdotes en rituales religiosos (Rotworowski, 1988).

Los prehispánicos y, posteriormente, los industriales textiles lograron separar las fibras *down* para sus procesos de fabricación. En el Perú, anualmente se esquila el 35% de la población de llamas, con una producción promedio de 697 TM de fibra y un rendimiento de 3.65 libras/animal. Además se paga un precio por debajo del que corresponde a la fibra de alpaca (MINAGRI, 2018). En el mercado de fibras de llamas se

comercializa una parte, previo descordado, en las mismas unidades de crianza, y otra proporción tiene acceso a los mercados locales y de la región. En la artesanía local, tanto la fibra como la piel se utilizan por la amplia gama de colores naturales para elaborar tejidos a mano, tapetes, tapices y cobertores de uso doméstico o de colección.

Por otro lado, las características textiles de la fibra han sido determinadas con el microscopio de proyección que tienen limitada capacidad para definir parámetros textiles (Martínez *et al.*, 1997). Este estudio tiene como objetivo determinar el diámetro medio, desviación estándar del diámetro medio, coeficiente de variabilidad del diámetro medio, factor de confort, finura de hilado, índice de curvatura y desviación estándar del índice de curvatura de las fibras *down* de llamas *Ch'aku* según sexo, color y edad; y el grado de asociación entre dichas características, a fin de revalorar su uso en la industria textil y visualizar las potencialidades zootécnicas en favor de los criadores familiares de las zonas alto andinas.

Materiales y métodos

Área de estudio

La zona de estudio corresponde a la Puna húmeda que se encuentra entre 3700 y 5300 msnm. Presenta una precipitación media anual de 610 mm y de carácter estacional. La época lluviosa (noviembre y abril) es más extendida que la época seca (mayo a octubre). Las temperaturas mínimas y máximas anuales fluctúan entre 6,3 °C y 20 °C. Las temperaturas más bajas se presentan entre junio y agosto.

Condiciones ecológicas

La crianza de llamas se sustenta en los pastos naturales de la Puna y su producción guarda relación directa con la estacionalidad de la precipitación. La región natural de la Puna se caracteriza por ser fría: la temperatura oscila entre 20 °C y menos de 0 °C, durante el día y la noche, respectivamente.

La pradera está compuesta por una vegetación baja, cuya época de crecimiento coincide con la época de lluvias, y en su mayoría son gramíneas perennes. Entre ellas resalta la *Calamagrostis vicunarum*, seguida de *Aciachne acicularis pulvinata*, que es considerada como invasora. Otras especies como la *Poa candamoana*, *Distichia*

muscooides y *Stipa ichu* forman la pradera andina. Para los productores, el periodo de mayor escasez de forraje ocurre entre agosto y noviembre, y el mes más crítico es septiembre. El sistema hídrico del área está formado por manantiales y pequeños riachuelos que se originan en las laderas de algunos cerros por filtración del agua de lluvia.

Muestra

Se tomaron 144 muestras de fibra de llamas *Ch'aku*. Las muestras fueron extraídas del costillar medio, 10 g/animal, en los rebaños del distrito Kishuara de la provincia de Andahuaylas, ubicada en la Puna húmeda.

Para la toma de las muestras se consideraron tres factores: sexo (macho y hembra), patrón de color del vellón (simple, doble y triple) y la categoría etaria (dientes de leche, 2 y 4 dientes). Los análisis de los atributos de la fibra se realizaron previo descordado manual.

Descordado de la fibra

Las 144 muestras fueron descordadas manualmente, de acuerdo al procedimiento descrito por Frank, Hick, y Adot (2012). Para facilitar el trabajo de descordado se utilizaron dos fondos como contraste: el blanco para ubicar las cerdas oscuras y el negro para ubicar cerdas blancas. Las muestras se pesaron con una balanza analítica y se colocaron en bolsas de polietileno debidamente rotuladas en forma individual, con datos que incluyen el costillar medio y el número de arete.

Características tecnológicas

Entre las principales características textiles de la fibra se consideró el diámetro medio (DM) y la finura de hilado (SF) medidos en μm ; coeficiente de variabilidad del diámetro medio (CVDM) y el factor de confort (FC) expresados en %, e índice de curvatura (IC) medido en $\text{°}/\text{mm}$. Estas variables fueron determinadas con el equipo OFDA 2000 del Laboratorio de Fibras y Lanasy de la Universidad Nacional de Huancavelica.

Análisis estadístico

Primero, se planteó un modelo para las muestras sin descordar mediante un arreglo factorial de

2x2x3x3 (técnica x sexo x color de vellón x categoría etaria) conducido en un diseño de bloque completo al azar. Segundo, debido a las notables diferencias con respecto a las fibras descordadas se dejó de lado ese modelo y se planteó un arreglo factorial de 2x3x3 conducido en un diseño completo al azar de efectos fijos. En ambos modelos, para la comparación de medias se utilizó la prueba de significación múltiple de Duncan ($P \leq 0,05$) y para la determinación del grado de asociación entre variables se usó la correlación de Pearson ($P \leq 0,05$).

Resultados y discusión

Características textiles por factor técnico

Los promedios de las características textiles de la fibra de llamas *Ch'aku* (Tabla 1) mostraron diferencias estadísticas entre fibras descordadas y sin descordar ($P \leq 0,05$). Bajo esta consideración, los valores de las características textiles de las fibras descordadas presentan ciertos comportamientos particulares: 1) El DM de la fibra descordada disminuye ($22,16 \pm 2,88 \mu\text{m}$), lo cual ha contribuido a que el FC se eleve y le otorgue mayor valor ($86,76 \pm 8,45\%$); 2) La dispersión de la media (CV del DM) de las fibras descordadas se ha reducido a $29,82 \pm 4,55\%$, lo cual contribuye a mejorar la calidad de la fibra descordada; 3) La disminución notable de la FS de la fibra sin descordar desde $27,81 \pm 5,40 \text{ mm}$ a $23,57 \pm 3,68 \text{ mm}$ facilita el proceso de hilado de las fibras de llamas, y 4) El IC se ha incrementado hasta $40,68 \pm 9,70 \text{ °}/\text{mm}$, y probablemente ello refleja la mayor capacidad de engarzamiento de la fibra, lo que permite asegurar la presencia de rizos en las fibras finas.

Tabla 1. Promedios de características textiles de la fibra descordada de llamas *Ch'aku* de Puna húmeda

Técnica	Descordado	Sin descordar
Diámetro medio (DM), μm	$22,16 \pm 2,88 \text{ b}$	$23,42 \pm 3,06\text{a}$
Coefficiente Variabilidad del DM, %	$29,82 \pm 4,55\text{b}$	$39,54 \pm 8,03\text{a}$
Factor de confort, %	$89,46 \pm 10,67\text{a}$	$86,76 \pm 8,45\text{b}$
Finura de hilado, μm	$23,57 \pm 3,68\text{b}$	$27,81 \pm 5,40\text{a}$
Índice de curvatura (IC), $\text{°}/\text{mm}$	$40,68 \pm 9,70\text{a}$	$37,87 \pm 8,82\text{b}$

Nota: Los valores provienen del arreglo factorial 2x2x3x3 (Tabla 6).

En suma, el proceso del descerdado no solo contribuye a mejorar la calidad de las fibras *down* de las llamas *Ch'aku*, sino que también la fibra descerdada puede continuar en otros procesos textiles a fin de dar mayor valor agregado al producto de dicho recurso zoológico autóctono.

Características tecnológicas por factor sexo

Los promedios de las características textiles de la fibra descerdada de llamas *Ch'aku* (Tabla 2) no mostraron diferencias para el factor sexo. Sin embargo, los promedios de las variables se encuentran por debajo de las medias de las fibras *down*, excepto en el IC del macho.

En la comparación de las medias de las variables textiles, entre machos y hembras, se observan ciertos comportamientos particulares: 1) Relativamente, el descerdado de la fibra provoca cambios más intensivos en el macho; 2) Por ejemplo, el FC logró valores altos ($90,26 \pm 9,05\%$) respecto a las hembras ($88,67 \pm 12,09\%$), y 3) Relativamente, se confirmaría la inexistencia del dimorfismo sexual en las características textiles de la fibra descerdada.

En el centro experimental Quimsachata (Lampa - Puno), ubicado en la Puna seca, en llamas de un año, el DM fue 18,32 y 17,37 μm , en machos y hembras. En la misma raza y edad, en el centro experimental La Raya, el DM fue 19,79 y 20,14 μm para machos y hembras; y el CVDM fue para machos 34,41% y hembras 36,85% (Mancilla, 2017). El mismo autor determinó 92,58% en machos y 93,06% en hembras. Por otra parte, el IC en llamas de un año del CE La Raya presentó valores de 29,08%/mm en machos y 30,28%/mm en hembras (Mancilla, 2017). Finalmente, Poma (2018) reportó en machos 92,66% y en hembras 94,42%.

Tabla 2. Promedios de características textiles de fibra descerdada de llamas *Ch'aku* de Puna húmeda, por factor sexo.

Sexo	Hembra	Macho
Diámetro medio (DM), μm	22,14 \pm 2,85a	22,17 \pm 2,92a
Coefficiente Variabilidad del DM, %	29,57 \pm 4,35a	30,06 \pm 4,76a
Factor de confort, %	88,67 \pm 12,09a	90,26 \pm 9,05a
Finura de hilado, μm	23,47 \pm 3,40a	23,67 \pm 3,97a
Índice de curvatura (IC), %/mm	44,52 \pm 8,84a	36,83 \pm 9,02b

Nota: Los valores provienen del arreglo factorial 2x2x3x3 (Tabla 6).

Respecto a otras variables, como el CVDM, Laime *et al.* (2016) reportaron en llamas machos 20,4% y en hembras 20,3%. Según Poma (2018), el CVDM en machos fue 27,88% y en hembras 27,36%, valores intermedios con relación a los anteriores. Laime *et al.* (2016) registraron para el FC en machos 94,8% y en hembras 94,4%; para la DM se reporta en machos 21,0 μm y en hembras 21,2 μm . En cuanto a los IC, fueron 41,6 %/mm en machos y 43,6 %/mm en hembras.

Para las características estudiadas existen escasas referencias y los resultados, excepto el IC, permiten inferir que el factor sexo no influye en la expresión de los atributos (Laime *et al.*, 2016; Mancilla, 2017). No obstante, Poma (2018) en el Altiplano de Bolivia señala diferencias entre machos y hembras para los atributos DM, CVDM y FC ($P \leq 0,05$).

En la Mancomunidad Aymara del Altiplano boliviano, Poma (2018) reportó 21,45 y 20,57 μm para machos y hembras. Sin embargo, consideró tres grupos raciales (*Ch'aku*, *K'ara* e Intermedio) y solo dos edades (1 y 2 años). Por otro lado, debido al reducido número de reportes y la inclusión de pocas clases etarias, se podría inferir que las diferencias para el factor sexo son de naturaleza aleatoria.

Características tecnológicas por patrón de color de vellón

Las características textiles de la fibra descerdada de llamas *Ch'aku* para el patrón de color del vellón se muestran en la Tabla 3. Los atributos por el patrón de color del vellón no presentan diferencias, excepto el IC ($P \leq 0,05$). Los colores del pelaje están determinados por genes mendelianos y, por tanto, son de naturaleza cualitativa. No obstante, la conservación de la biodiversidad de las llamas con vellones de color no recibe el justiprecio que compense la conservación y manejo. Con base en dicha premisa, es posible señalar que en los rebaños de llamas existe la tendencia de formar líneas de color hacia vellones simples (un solo color), dobles (dos colores) o triples (tres o más colores). También se puede mencionar que el patrón de color no influye en la expresión de las características de las fibras *down* de los vellones de doble cobertura, lo cual es atribuible a que los genes que controlan el color del pelaje –por su naturaleza mendeliana– no tienen mayor repercusión

Tabla 3. Promedios de características tecnológicas de fibra descerdada de llamas *Ch'aku* de Puna húmeda, por factor color de vellón.

Color del vellón	Simple	Doble	Triple
Diámetro medio (DM), μm	21,84 \pm 2,62a	22,40 \pm 3,09a	22,38 \pm 3,00a
Coefficiente Variabilidad del DM, %	29,91 \pm 4,82a	29,74 \pm 4,66a	29,77 \pm 3,22a
Factor de confort, %	89,43 \pm 12,09a	89,66 \pm 9,60a	88,92 \pm 9,42a
Finura de hilado, μm	23,27 \pm 3,54a	23,82 \pm 3,88a	23,76 \pm 3,61a
Índice de curvatura (IC), %/mm	42,79 \pm 9,91a	40,41 \pm 9,31a	34,52 \pm 7,71b

Nota: Los valores provienen del arreglo factorial 2x2x3x3 (Tabla 6).

en la expresión de los atributos textiles de la fibra, que son de naturaleza cuantitativa.

Los estudios realizados tácitamente se refieren al uso de muestras policromas que provienen de un patrón de policromo del vellón (Laime *et al.*, 2016; Mancilla, 2017). En rebaños del Altiplano boliviano, Martínez (2018) reporta que el DM, por el patrón de color, fue 22,99 μm para vellones policromos, 22,26 μm en café y 22,08 μm en blanco. De estos resalta el último por su mayor finura ($P \leq 0,05$). En el mismo rebaño, el FC de los vellones policromos fue 90,69%, el café 93,32% y el blanco 92,88%. Los valores de mayor confort corresponden a los vellones de patrón simple (Martínez, 2018).

En síntesis, la llama probablemente sea la única especie autóctona y doméstica de los Andes, que mantiene y conserva la mayor diversidad de colores. A la vez, produce una fibra valiosa. La diversidad de los recursos zoogenéticos es fundamental en los sistemas de producción, pues proporciona materia prima no solo para la mejora genética y la plasticidad o capacidad de adaptación a las circunstancias cambiantes, sino que también puede ser colocada en nichos de mercado de alta moda. Estos, en conjunto, contribuirían al mantenimiento de ecosistemas y al desarrollo sostenible y mantenimiento de la población rural de los altos Andes.

En los rebaños de llamas, la policromía que persiste es gracias a la tenacidad de los pequeños y medianos productores, pues las empresas asociativas y medianos productores han eliminado la crianza o han blanqueado sus rebaños. Sin duda, la variabilidad de pelajes en la llama facilita la adaptación a dichos cambios, pues su antepasado, el guanaco, tiene un único color característico. Sin embargo, gracias a la domesticación es probable que se hayan suscitado una serie de mutaciones alélicas que han dado origen a las 22 tonalidades,

aun cuando con la colonización andina las especies autóctonas se hayan refugiado en las zonas más difíciles de los Andes. Es decir, han sufrido abandono y agresión en su estructura genética a través de cruzamientos indeseables y el reemplazo de la fibra con la lana del ovino.

Características tecnológicas por categoría etaria

La Tabla 4 presenta los principales estadísticos de las características textiles de la fibra descerdada de llamas *Ch'aku* para el factor etario. En principio, el estudio solo ha incluido llamas cuyas edades son aptas para la esquila. Al respecto, el DM, CVDM y FC de las fibras no muestran variaciones absolutas con la edad del animal, pero el descerdado les otorga mayor valor. La FS exhibe el efecto manifiesto que se relaciona con la edad del animal y el IC solo se muestra en llamas jóvenes (DL). Ello puede indicar que el descerdado facilita el hilado, probablemente debido a la gran capacidad de engarzamiento en las llamas jóvenes, la cual se va perdiendo a medida que el animal envejece. Posiblemente, junto con dicho comportamiento, existen otros factores de naturaleza ambiental y genética.

El DM en llamas *Ch'aku* del centro experimental La Raya-Puno, en tres edades (juveniles, adultas y viejas) fue 19,75 μm en juveniles y 24,03 μm en viejas (Arpasi, 1999). En cambio, en Iscahuaca, Cotaruse-Apurímac, Laime *et al.* (2016), agrupando en juveniles (1 a 2 años) y adultas (mayores de 2 años), registraron 21,3 y 22,3 μm , respectivamente.

En reportes según edades que provienen de la República Argentina, se determinó DM de 20,07 μm a 23,9 μm para llamas machos de 1 a 3 años, respectivamente. Frank *et al.* (2011), al establecer el efecto de los tipos de vellón de llama en el rendimiento al descerdado, reportan que

Tabla 4. Promedios de características textiles de fibra descordada de llamas *Ch'aku* de Puna húmeda, por categoría etaria.

Edad	Dientes leche	2 dientes	Boca llena
Diámetro medio (DM), μm	21,31 \pm 2,11a	21,67 \pm 2,84a	22,82 \pm 3,08a
Coficiente Variabilidad del DM, %	28,73 \pm 3,53a	30,37 \pm 4,66a	30,06 \pm 4,88a
Factor de confort, %	91,40 \pm 8,32a	88,96 \pm 13,63a	88,78 \pm 9,97a
Finura de hilado, μm	22,36 \pm 2,48b	23,21 \pm 3,80ab	24,34 \pm 3,96a
Índice de curvatura (IC), $^{\circ}/\text{mm}$	35,01 \pm 8,14b	42,85 \pm 9,50a	42,31 \pm 9,54a

Nota: Los valores provienen del arreglo factorial 2x2x3x3 (Tabla 6).

en vellones de doble capa y hemilustre, los DM de fibra no medulada fueron 18,54 y 19,40 μm , respectivamente. En llamas de primera esquila (*tekes* acepción argentina para denominar a las llamas juveniles) y adultas de Pilcaniyeu, Río Negro, Argentina, la finura fue 22,6 (21,1 a 24,4 μm) y 28,9 μm (24,0 a 38,5 μm), respectivamente (Sacchero *et al.*, 2017).

En rebaños de una Mancomunidad Aymara del Altiplano boliviano, las fibras de llamas *T'amphulli* (acepción boliviana para denominar a las llamas *Ch'aku*) mostraron la mayor finura (19,84 μm) respecto a la Kara (22,20 μm); y por edades fueron 20,16 y 21,82 μm para 1 y 2 años, respectivamente. Sin embargo, estos últimos son el promedio de varios grupos raciales (Poma, 2018).

Respecto a las otras características, como el CVDM, en el centro experimental La Raya-Puno, Mancilla (2017), se reportó 35,61%. Por su parte, Laime (2016), por categorías etarias registró CVDM de 20,6 y 20,1% para llamas *ancutas* y adultas, respectivamente; y recientemente, en la Multicomunal Aymara (Bolivia), Poma (2018) determinó 28,36% en llamas *Tamphullis*.

En cuanto al FC, Sacchero *et al.* (2017) reportaron valores de 69,3% (83,9 a 92,8%) en llamas *Tekes* (acepción argentina de llamas juveniles) y 87,7% (39,4 a 91,5%) en llamas adultas. Laime (2016), en llamas *Ch'aku* de Apurímac, registró FC de 95,6 y 93,5% para juveniles y adultos ($P \leq 0,05$). Para el mismo atributo, en llamas *Ch'aku*, Poma (2018) reportó 95%, y promedios de 95,21 y 92,01 para 1 y 2 años, respectivamente. Sin embargo, dichos promedios incluyen a los tres grupos raciales. Martínez (2018), en el Altiplano boliviano, considerando tres especies autóctonas (llamas intermedias, alpaca y *misti*), determinó FC de 91,66; 92,15 y 93,76%. Finalmente, Mueller

et al. (2010) reportaron FC de 93,5; 82,8 y 84,7% para llamas de 1, 2 y años de edad.

Con relación al SF, Laime (2016) señala valores de 20,7 a 22,17 μm ., respecto al IC en llamas de un año, en el CE Quimsachata, Laime (2016) en Apurímac muestra valores de 41,8 y 43,0 $^{\circ}/\text{mm}$ para juveniles y adultas.

En llamas de Argentina, Sacchero (2017) reporta IC de 72,3 $^{\circ}/\text{mm}$ (69 a 74,2 $^{\circ}/\text{mm}$) y 69,6 $^{\circ}/\text{mm}$ (27,10 a 28,10 $^{\circ}/\text{mm}$). Mancilla (2017) registra IC de 29,67 y 35,08 $^{\circ}/\text{mm}$ para llamas *Ch'aku* y Kara, respectivamente.

El DM de la fibra de las llamas peruanas oscila entre 19,75 y 24,25 μm (Arpasi, 1999; Laime *et al.*, 2016). Sin embargo, existen reportes puntuales, en llamas de un año, que hallan finuras de 19,96 μm (Mancilla, 2017).

La mayoría de los reportes, tanto al norte del área de estudio como fuera del país, incluyen pocas clases etarias, y básicamente corresponden a las clases juveniles. Además difieren en cuanto a la procedencia de los rebaños, centros experimentales o familiares o comunales. Por otro lado, los Bancos de Germoplasma de llamas, en los centros experimentales, conducen programas de mejora genética desde hace tres a cuatro décadas. En el pasado, el Altiplano peruano constituyó el principal centro de crianza de camélidos en los Andes y quedaron vestigios en las haciendas. Luego continuaron las ex empresas asociativas.

Sin embargo, los reportes coinciden en señalar que las llamas juveniles poseen la mayor finura de fibra. Esta característica está muy relacionada con la edad de los animales, aunque la mayor finura parece estar asociada a la notoria erosión de la estructura genética de las llamas, como lo evidencia el alto grado de mestizaje (llamas *Misti*) (Martínez, 2018). Inclusive, esto parece repetirse en rebaños de la República de Argentina (Frank, 2011).

Del grado de asociación entre los atributos tecnológicos de la fibra

En la Tabla 5 se muestran los coeficientes de correlación entre las principales características textiles de la fibra descerdada de llamas *Ch'aku*.

Algunos de ellos son valores negativos y otros positivos.

Atendiendo al grado de asociación entre las variables de los rasgos textiles de la fibra descerdada se clasifican en asociación excelente entre DM y FC ($r = -0,913$); aceptable entre DM y SF ($r =$

Tabla 5. Correlaciones de Pearson entre las características textiles de fibra descerdada de llamas *Ch'aku* de la Puna húmeda.

	DM	CVDM	FC	SF	IC
DM	1,000	<,0001	<,0001	<,0001	0,395
CVDM	0,369	1,000	0,003	<,0001	0,745
FC	-0,793	-0,244	1,000	<,0001	0,289
SF	0,934	0,547	-0,834	1,000	0,781
IC	-0,071	-0,027	0,089	-0,023	1,000

DM = Diámetro medio, μm ; CVDM = Coeficiente de variabilidad del diámetro medio, %; FC = Factor de confort, %; SF = Finura de hilado, μm ; IC = Índice de curvatura, $^{\circ}/\text{mm}$. Valores por debajo de la diagonal corresponden a las correlaciones de Pearson y los valores por encima de ella son las $P \leq 0,05$.

Tabla 6. Media de las características tecnológicas de la fibra de llamas *Ch'aku* según técnica (sin-descerदार y descerदार), sexo, color y categoría etaria.

	DM(μm)		CVDM (%)		FC (%)		FH (μm)		IC ($^{\circ}/\text{mm}$)	
	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE
Sindescerदार	23,42a	3,06	39,54a	8,03	86,76b	8,45	27,81a	5,40	37,86b	8,82
Sexo	ns		ns		Ns		ns		***	
Hembra 72	23,30	2,88	40,19	7,34	87,13	8,05	27,80	4,70	41,55	7,77
Macho 72	23,52	3,24	38,89	8,66	86,38	8,86	27,81	6,04	34,18	8,29
Color	ns		*		Ns		ns		***	
Doble 62	23,88a	3,43	41,39a	9,00	85,95	9,38	29,02	6,31	37,16	8,55
Simple 63	22,95a	2,55	39,05b	7,34	88,03	6,69	27,05	4,29	40,56	8,49
Triple 19	23,47a	3,29	35,09b	4,26	85,17	10,22	26,37	4,16	31,21	6,94
Edad	***		*		*		**		***	
2D 37	22,50	2,37	38,22	5,89	87,64	7,38	26,14b	3,09	40,84 ^a	7,44
BLL 72	24,28	3,37	41,09	8,87	85,30	9,86	29,39a	6,06	39,63b	8,51
DL 35	22,62	2,56	37,74	7,72	88,81	5,43	26,33b	5,01	31,10b	7,35
Descerदार	22,16b	2,88	29,82b	4,55	89,46 ^a	10,67	23,57b	3,68	40,68 ^a	9,70
Sexo	ns		ns		Ns		ns		***	
Hembra 72	22,14	2,85	29,57	4,35	88,67	12,09	23,47	3,40	44,52	8,84
Macho 72	22,17	2,92	30,06	4,76	90,26	9,05	23,67	3,97	36,83	9,02
Color	ns		ns		Ns		ns		***	
Doble 62	22,40a	3,09	29,74a	4,66	89,65	9,60	23,82	3,88	40,41 ^a	9,31
Simple 63	21,84a	2,62	29,91a	4,82	89,43	12,09	23,27	3,54	42,79 ^a	9,91
Triple 19	22,38a	3,00	29,77a	3,22	88,92	9,42	23,76	3,61	34,52b	7,71
Edad	***		*		*		**		***	
2D 37	21,67	2,84	30,37	4,66	88,96b	13,63	23,21b	3,80	42,85	9,50
BLL 72	22,82	3,08	30,06	4,88	88,78b	9,97	24,34a	3,96	42,31	9,54
DL 35	21,31	2,11	28,73	3,53	91,40a	8,32	22,36b	2,48	35,01	8,14

Variables: Diámetro medio de fibra (DM), coeficiente de variación de DM (CVDM), factor de confort (FC), Finura al hilado (FH) e índice de curvatura (IC). Categoría etaria; DL dientes de leche; 2D dos dientes y BLL boca llena.

ab Letras distintas indican diferencia significativa.

* $p < 0,05$, ns: No significativo; desviación estándar

^{ab} Letras distintas indican diferencia significativa $p < 0,05$; *, $p < 0,01$; ** $p < 0,001$; ***, ns: no significativo

0,879), SF y CVDM ($r = 0,780$) y FC y SF ($r = -0,704$), y mínima entre DM y CVDM ($r = 0,401$).

Por lo tanto, también existen asociaciones positivas, en su mayoría. Una tercera parte de ellas muestran signos negativos y casi la mitad tendrían aplicación utilitaria en la industria textil. Al respecto, el DM evidencia alto grado de asociación con el FC, pues, a mayor finura no solo habrá mayor rendimiento al hilado, sino que también la fibra fina (*down*) ofrecerá mayor comodidad debido a la menor proporción de fibras mayores de 30 μm . Por otro lado, la asociación entre DM y SF señala que a mayor finura habrá un mejor hilado de la fibra. En cambio, cuando el coeficiente de correlación de Pearson disminuye, el grado de asociación entre dichos atributos se va reduciendo.

En este sentido, el comportamiento de las fibras descordadas es semejante a lo descrito en la fibra de alpacas. Como se hace con otras fibras especiales (cashmere, guanaco y vicuña), se destinarían a la confección de prendas de alto valor (Salinas, 2017). Desde el punto de vista textil, el descordado de la fibra de llamas *Ch'aku* produce cambios estructurales en el vellón, ya que la extracción de las fibras más gruesas, más largas y más rectas (ofensivas) reduce la sensación de picazón y mejora la confortabilidad de las prendas, ajustándolas a mejores estándares de calidad (Frank, 2011; Frank *et al.*, 2011). Del mismo modo, se reduce el DM y CVDM de la fibra, así como la FS, incrementándose, a la vez, el FC e IC (Pinares *et al.*, 2014).

El FC es de suma importancia al momento de la elaboración de una prenda, pues da la idea de comodidad, objetivamente apreciable al tacto. Por lo general, la mayor variabilidad de finura se traduce en una sensación de mayor aspereza, aunque no hay escalas ni normas internacionales establecidas para determinar suavidad o aspereza (Martínez *et al.*, 1997). En cuanto al IC, destaca por sus cualidades textiles adicionales utilizadas para describir la propiedad espacial de una masa de fibras de lana. Es un índice común a todas las fibras textiles y de interés para fabricantes de alfombras y prendas de vestir. El índice de curvatura y el rizo de la fibra, junto con el color

de la grasa, la longitud de mecha, la suciedad y el desgaste representan el “estilo de la lana”, el cual ayuda a tener una idea del rendimiento al ser procesado, prácticas de comercialización y calidad de los productos de lana final.

La SF muestra el rendimiento de la fibra cuando es hilada y convertida en hilo, debido a que su estimación proviene de la combinación de la medida del diámetro y el coeficiente de variación.

Conclusiones

Para el factor sexo, el DM, CV, FC y SF no mostraron diferencias. En cambio, la variable IC presenta diferencias ($P \leq 0,05$), es decir, los vellones de las llamas hembras exhiben mejor índice de curvatura y, a la vez, mayor dispersión que los machos. En cuanto al patrón de color del vellón, el estudio revela que no influye en la expresión de las características de la fibra *down* de los vellones de doble cobertura, lo cual es atribuible a que los genes que controlan el color del pelaje –por su naturaleza mendeliana– no tienen mayor repercusión en la expresión de los atributos tecnológicos de la fibra, que son de naturaleza cuantitativa.

En cuanto a la categoría etaria, el FC es la única variable que no se relaciona con la edad del animal, mientras que las características DM y SF de la fibra de llamas boca llena se diferencian ($P \leq 0,05$) respecto a las categorías dientes de leche y 2 dientes. Para el CVDM y IC solo las llamas dientes de leche exhiben valores diferentes ($P \leq 0,05$) respecto a las otras edades. Es decir, las llamas juveniles (dientes de leche y 2 dientes) muestran mayor finura y menor variación del DM y SF. Para los atributos CVDM y IC, solamente las llamas dientes de leche presentan los menores valores ($P \leq 0,05$).

Los coeficientes de correlación entre las características tecnológicas de la fibra de llamas se clasifican en asociación excelente entre las características DM y FC; correlación aceptable entre DM y SF; asociación regular entre las variables SF y CVDM y FC y SF, y correlación mínima entre los atributos DM y CVDM.

Literatura citada

- Adot, O.G.; de Cossio, A.P.; Maguire, A.
2008. Industrialization and commercialisation of vicuña, guanaco and llama fibres. In Frank, E.N. Antonini, M. and Toro, O (Eds.), *South American Camelids Research*, II: 365-372.
- Arpasi, L.
1999. Características físicas del vellón de llama (*Lama glama*) en el CIP La Raya . Univ. Nacional del Altiplano. Puno, Perú. 67 p.
- CENAGRO.
2012. IV Censo Nacional Agropecuario, Ministerio de Agricultura, Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Lima Perú, Disponible en: <https://www.inei.gov.pe/estadisticas/censos/>
- Brenes, E.; Madrigal, K.; Pérez, F.; Valladares, K.
2001. El Cluster de los Camélidos en Perú: Diagnóstico Competitivo y Recomendaciones Estratégicas. Proyecto Andino de Competitividad. INCAE. 71 p.
- Flannery, K.; Marcus, J.; Reynolds, R.
2009. The flocks of the Wamani. A study of llama herders of the punas of Ayacucho, Peru. Walnut Creek, California. 253 p.
- Frank, E.N.; Hick, M.V.; Adot, O.G.
2011. Descriptive differential attributes of type of fleeces in llama fiber and its textile consequence. Part 2: consequences of the dehairing. *J Text I*, 102: 41-49.
- Frank, E.N.
2011. Producción de fibra en camélidos sudamericanos. Avances en su procesamiento y mejoramiento genético. *Arch Latinoam Prod Anim*, 19: 16-19.
- García, G.
1996. Lanimetría y producción de lana. Pub. Doc. N° 3. Departamento Producción Animal, Facultad de Agronomía, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 78 p.
- Laime, F.; Pinares, R.; Paucara, V., Machaca, V.; Quispe, E.C.
2016. Características tecnológicas de la fibra de Llama (*Lama glama*) Chaku antes y después de descender. *Rev Inv Vet Perú*, 27(2): 209-217.
- Mancilla, W.
2017. Características textiles de la fibra de llamas (*Lama glama*) Q'ara y C'hacu en el CIP La Raya. Univ. Nacional del Altiplano. Puno, Perú. 67 p.
- Maquera, F.
1991. Características y persistencia fenotípica en llamas K'aras y lanudas del CE La Raya - Puno. *Nacional Agraria La Molina*. Lima, Perú. 108 p.
- Martínez, Z., Iñiguez, L.C., Rodríguez, T.
1997. Influence of effects on quality traits and relationships between traits of the llama fleece. *Small Ruminant Res*, 24: 203-212.
- Martínez, Z.
2018. Estudio de la calidad de fibra de camélidos domesticos llama (*Lama glama*) alpaca (*Vicugna pacos*) y del híbrido "Misti". Univ. Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 141 p.
- MINAGRI.
2018. Anuario Estadístico Producción Pecuaria y avícola
2017. Dirección de Estadística Agraria. Lima, Perú. 154 p.
- Mueller, J.P.; Rigalt, F.; Cancino, A.K.; Lamas, H.
2010. Calidad de las fibras de camélidos sudamericanos en Argentina. En: *International Simposium on Fiber South American Camelids*. *Huancavelica*, Perú. pp. 9-28.
- Murillo, C.G.
2015. Conservación y restauración de textil inca hallado en contexto arqueológico. IV Congreso Iberoamericano y XII Jornada de Técnicas de Reparación y Conservación del Patrimonio. pp. 395-402.
- Pinares, R.; Chipa, L.; Paúcar, R.; Quispe, E.C.
2014. Estudio de la diferencia post y pre descerado de cinco características textiles de la fibra de llama (*Lama glama*) Ch'aku. En: *Rev Investig. Sci. Sociales Tec*, 1: 69-77.
- Poma, G.
2018. Evaluación de las características físicas 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. *Apthapi*, 4(3): 1275-1286.
- Quispe, E.C.; Chipa, L.; Pinares, R.
2015. Análisis económico y de la producción del descerado manual de la fibra de llamas (*Lama glama*) Chaku. En: *Arch. Zootec*. 64(246): 191-198.
- Quispe, J.E.; Apaza, E.; Quispe, D.M.; Morocco, N.
2016. De vuelta a la Alpaca: La producción primaria en una perspectiva empresarial y competitiva. Publicación del IIBO de la Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. 460 p.
- Rostworowski, M.
1988. Historia del Tawantinsuyu. Instituto de Estudios Peruanos. Lima, Perú. 188 p.
- Sacchero, D.; Maurino, J.; Saez, A.
2017. Producción y transformación de fibra de llamas en Patagonia. Edición del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Comunicación Técnica PA 736. 11 p.
- Sacchero, D.M.; Mueller, J.P.
2005. Determinación de calidad de vellones de doble cobertura tomando al vellón de vicuña (*Vicugna vicugna*) como ejemplo. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 34 (2): 153-149.
- Salinas, A.
2017. Descripción estética de las representaciones de la naturaleza en el tejido inca. Univ. Nacional Diego Quispe Tito. Ecuador.

