

Variación del diámetro y porcentaje de medulación en la fibra de alpacas Huacaya (*Vicugna pacos*)

Variation of the diameter and percentage of medulation in the fibre of Huacaya alpacas (*Vicugna pacos*)

Ceferino U. Olarte D.^{1,2*}, Bilo Calsin C.^{1,2}, Oscar Oros B.^{1,2}, Edwin Ormachea V.^{1,2}

RESUMEN

Con la finalidad de identificar las variaciones del diámetro de fibra en el tipo de medulación en alpacas Huacaya procedentes del Centro Experimental La Raya, Puno; se colectaron 6 g de fibra del lado izquierdo del costillar medio de 190 alpacas, considerando el factor sexo (machos: 89; hembras: 109) y grupo etario (I: 1-2; II: 3-4; III: 5-6; IV: 7-8; V: 9-10 años). Las variables consideradas incluyeron fibras no meduladas, con medula fragmentada, medula continua, medula discontinua y fuertemente meduladas con sus respectivos porcentajes. Las fibras fueron analizadas utilizando el equipo FIBER MED y la evaluación de los porcentajes fue previa transformación angular Bliss a valores enteros arco seno. Se utilizó un arreglo factorial 2x5 bajo un diseño completamente al azar. Asimismo, se determinó la correlación de Spearman. El diámetro medio de fibra (DMF) se incrementó con la edad ($p < 0.05$). El porcentaje total de fibras meduladas (TFM) aumentó de 34.79% en el grupo de 1-2 años a 74.72% a los 9-10 años ($p < 0.05$) y el porcentaje de fibras no meduladas (FNM) disminuyó de 65.69% a 25.60% ($p < 0.05$). Las correlaciones más resaltantes fueron entre porcentaje TFM y DMF ($r = 0.883$) y el porcentaje FNM y DMF ($r = -0.883$). Se concluye que en alpacas Huacaya el diámetro de fibras meduladas es superior a las fibras sin médula, en tanto que los porcentajes de fibras meduladas son superiores a las fibras sin médula.

Palabras clave: fibra, Huacaya, medulación, diámetro, Spearman

¹ Instituto de Investigación y Promoción de Camélidos, Región Puno, Perú

² Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú

* E-mail: uolarte@hotmail.com

Recibido: 28 de febrero de 2023

Aceptado para publicación: 15 de noviembre de 2023

Publicado: 18 de diciembre 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

ABSTRACT

To identify variations in fibre diameter in the type of medullation in Huacaya alpacas from the La Raya Experimental Centre, Puno; 6 g of fibre from the left side of the middle ribcage of 190 alpacas were collected, considering the factor sex (males: 89; females: 109) and age group (I: 1-2; II: 3-4; III: 5-6); IV: 7-8; V: 9-10 years). The variables considered included non-medullated fibres, with fragmented medulla, continuous medulla, discontinuous medulla and strongly medullated fibres with their respective percentages. The fibres were analysed using FIBER MED equipment and the evaluation of the percentages were subjected to Bliss angular transformation to obtain arcsine values. A 2x5 factorial arrangement was used under a completely randomized design. Also, Spearman correlation was determined. The average fibre diameter (AFD) increased with age ($p < 0.05$). The percentage of total medullated fibres (TPM) increased from 34.79% in the 1-2 years group to 74.72% at 9-10 years ($p < 0.05$) and the percentage of non-medullated fibres (NFM) decreased from 65.69 to 25.60% ($p < 0.05$). The most notable correlations were between TPM and AFD ($r = 0.883$) and between FNM and AFD ($r = -0.883$). It is concluded that in Huacaya alpacas the diameter of medullated fibres is greater than that of non-medullated fibres, whereas the percentages of medullated fibres are greater than those of non-medullated fibres.

Key words: fibre, Huacaya, medulation, diameter, Spearman,

INTRODUCCIÓN

Fibras meduladas son aquellas que tienen un canal central conteniendo células residuales (también llamadas medulares) y bolsillos de aire corriendo en forma continua o interrumpida a lo largo de la corteza (Botha y Hunter, 2010), mientras que las fibras objetables, también conocidas como «kemps» tienen el canal medular muy amplio, con más del 60% del diámetro de la fibra rodeado por una capa delgada de corteza (Appleyard, 1978).

La forma y distribución de la médula tienen efectos adversos sobre la suavidad, y picor de las confecciones textiles, por lo que las fibras meduladas son usualmente consideradas como contaminantes de los vellones (Hunter, 1993; Balasingam, 2005; Frank *et al.*, 2009; McGregor, 2012)

En alpacas, llamas, cabras y ovinos, el proceso de selección para reducir el porcentaje de fibras meduladas (PFM) es la mejor estrategia de solución (Cruz *et al.*, 2019; Pinares *et al.*, 2018). La selección de las alpacas por características con diámetro medio bajo y con alto peso de vellón es recomendable (Aylan-Parker y Mc Gregor 2002).

El progreso hacia la reducción de fibras meduladas en mohair es posible mediante la selección de animales mayores de un año de edad. Los factores ambientales, la nutrición, la ubicación geográfica y las enfermedades tienen efectos mínimos sobre la producción de fibra medulada (Lupton *et al.*, 1991).

Los tipos de medulación considerados en el presente trabajo son similares a los reportes de Lupton *et al.* (1991) y Pinares *et al.* (2019), aunque estos últimos consideran cuatro variaciones. Dado que los conocimientos sobre medulación en la fibra de alpacas

no es suficiente para utilizarlo como un criterio de selección en alpacas con el fin de mejorar la calidad de vellón. En tal sentido el presente trabajo de investigación tuvo como finalidad identificar los efectos de la edad y sexo en el diámetro y porcentaje expresados en los diversos tipos de medulación en la fibra de alpacas Huacaya.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado en el Centro Experimental La Raya (CER), perteneciente a la Universidad Nacional del Altiplano (UNAP), ubicado en Puno, Perú, a una altitud que varía entre 4100 a 5500 m.

Las muestras de fibra se obtuvieron siguiendo el protocolo recomendado por McGregor (2004). Se aplicó un diseño no experimental cuantitativo de carácter descriptivo correlacional en alpacas Huacaya, considerando los factores sexo (macho, hembra) y grupo etario (I: 1-2; II: 3-4; III: 5-6; IV: 7-8; V: 9-10 años). Las variables en estudio fueron los diámetros según tipo de medulación: fibras no meduladas (FNM), fibras con médula fragmentada (FMF), fibras con médula continua (FMC), fibras con médula discontinua (FMD) y fibras fuertemente meduladas (FFM), además de las correlaciones entre dichas variables.

Las muestras se tomaron de la región costillar medio del lado izquierdo. Consistió en una mecha de 6 g, cortada con tijera. Las muestras se depositaron en bolsitas de polietileno con la respectiva identificación de raza, sexo y edad (n=198). Las muestras fueron lavadas en una solución de 6 partes de alcohol etílico al 96% y 4 partes de bencina y posteriormente analizadas con el equipo FIBER MED, medulómetro automatizado e inteligente de fibras de origen animal, que mide los tipos de medulación (Quispe *et al.*, 2022). Para la evaluación del diámetro y tipo de medulación se utilizó la norma IWTO-8-04 (IWTO, 2015). Para esto, las muestras de

fibra fueron cortadas utilizando un micrótopo, separadas en una lámina portaobjetos con aceite de inmersión y cubierta con un cubreobjetos para ser colocadas en el FIBER MED.

En la evaluación de los porcentajes de medulación, primero se realizó una transformación angular Bliss para convertir a valores enteros arcoseno ($V(x/100)$). Los valores de diámetro de medulación fueron sometidos al análisis de varianza de arreglo factorial 2x5 empleando un diseño completamente al azar, bajo el modelo lineal: $Y_{ijk} = \mu + S_i + E_j + (SE)_{ij} + \epsilon_{ijk}$. La prueba Tukey se empleó para la comparación de medias. Para determinar la relación entre los porcentajes de medulación y los diámetros de fibra se utilizó la correlación de Spearman. El software utilizado para el análisis estadístico fue R v.3.6.1 (R Core Team, 2021).

RESULTADOS

Las fibras con médula continua tuvieron un diámetro de 24.22 μm , las fibras fuertemente meduladas presentaron 36.27 μm , en tanto que las fibras sin médula tuvieron el menor diámetro promedio (17.80 μm) (Cuadro 1). Se encontró un mayor porcentaje de fibras meduladas (52.85%), en comparación con las fibras no meduladas (47.60%). Asimismo, dentro del grupo de meduladas, la clasificación de fibras con médula continua fueron las más frecuentes (25.79%) (Cuadro 2).

El Cuadro 3 muestra las variaciones del diámetro de fibra (DMF) según grupo etario. El DMF promedio de la fibra muestra un aumento significativo con el avance de la edad. El porcentaje de fibras meduladas aumentó de 34.79% en animales de 1-2 años a 74.72% en alpacas de 9-10 años.

El diámetro de las fibras no meduladas aumentó con la edad, aunque con diferencias menores, pero igualmente significativas. Por otro lado, el porcentaje de fibras no meduladas

Cuadro 1. Estadísticos descriptivos de diámetro de fibra por tipo de medulación en alpacas Huacaya (n=198)

| Rasgo | DMF | Desviación estándar | Mínimo | Máximo |
|-------|-------|---------------------|--------|--------|
| FMC | 24.22 | 1.68 | 19.78 | 29.26 |
| FMD | 21.35 | 1.43 | 18.28 | 25.90 |
| FMF | 20.59 | 1.62 | 16.86 | 26.59 |
| FFM | 36.27 | 13.88 | 00.00 | 70.03 |
| FNM | 17.80 | 1.45 | 14.35 | 23.01 |

DMF: Diámetro medio de fibra; FMC: Medulación continua; FMD: Medulación discontinua; FMF: Medulación fragmentada; FFM: Fuertemente meduladas; FNM: fibras no meduladas

Cuadro 2. Estadísticos descriptivos de porcentajes por tipo de medulación en alpacas Huacaya (n=198)

| Rasgo | Media (%) | Desviación estándar | Mínimo | Máximo |
|--------------|-----------|---------------------|--------|--------|
| Fibras (n) | 2100 | | 809 | 5037 |
| % Med- total | 52.85 | 21.71 | 13.73 | 93.94 |
| % FMC | 25.79 | 17.53 | 2.01 | 78.21 |
| % FMD | 9.52 | 5.85 | 0.89 | 29.38 |
| % FMF | 16.34 | 6.99 | 1.40 | 38.50 |
| % FFM | 0.74 | 1.46 | 1.46 | 11.39 |
| % FNM | 47.60 | 21.76 | 6.05 | 86.30 |

Med-total: Medulación total; FMC: Medulación continua; FMD: Medulación discontinua; FMF: Medulación fragmentada; FFM: Fuertemente meduladas; FNM: fibras no meduladas

disminuyó considerando la edad ($p < 0.05$). El diámetro de las fibras fragmentadas tuvo un comportamiento similar aumentando de 19.13 μm en los primeros años hasta 21.75 μm a los 9-10 años, en tanto que el porcentaje de fibras con médula fragmentada fue similar en animales de 1-4 años, aumentando ligeramente en aquellos de 5-8 años (Cuadro 3).

El diámetro de fibra con médula discontinua (FMD) estuvo entre 20.25 a 21 μm los primeros años, aumentando a 22.45 μm a los 9-10 años. Por otro lado, los porcentajes de FMD aumentaron desde 5% a 14.88%

con la edad. En las alpacas más jóvenes el diámetro de las fibras con médula continua (FMC) fue de 23.39 μm y en las de mayor edad llegó a ser de 25.51 μm ($p < 0.05$); asimismo, el porcentaje de estas fibras presentó un fuerte incremento (de 13.37 a 42.82%) con la edad. El diámetro de las fibras fuertemente meduladas (FFM) fue similar los primeros 8 años, pero con un aumento significativo ($p < 0.05$) en alpacas de 9-10 años; forma similar, los porcentajes de esta característica muestran un ligero aumento con la edad (Cuadro 3).

Cuadro 3. Variaciones del diámetro medio de fibra de acuerdo con el tipo y porcentajes de medulación (media ± E.E.) en fibra de alpaca Huacaya según grupo etario

| n | 1-2 años | 3-4 años | 5-6 años | 7-8 años | 9-10 años |
|----------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|
| | 58 | 43 | 32 | 36 | 29 |
| DMF (µm) | 18.04 ^a ±0.23 | 20.11 ^b ±0.26 | 20.99 ^c ±0.38 | 21.56 ^c ±0.31 | 22.99 ^d ±0.42 |
| TFM (%) | 34.79 ^a | 51.20 ^b | 56.68 ^b | 63.77 ^c | 74.72 ^d |
| FNM (µm) | 16.52 ^a ±0.16 | 17.84 ^b ±0.20 | 18.25 ^b ±0.16 | 18.65 ^c ±0.20 | 18.75 ^c ±0.21 |
| (%) | 65.69 | 49.30 | 44.75 | 36.69 | 25.60 |
| FMF (µm) | 19.13 ^a ±0.15 | 20.74 ^b ±0.21 | 21.07 ^{bc} ±0.18 | 21.43 ^{cd} ±0.26 | 21.75 ^d ±0.26 |
| (%) | 15.51 | 15.51 | 16.30 | 17.37 | 15.30 |
| FMD (µm) | 20.25 ^a ±0.15 | 21.40 ^b ±0.16 | 21.9 ^b ±0.20 | 21.92 ^{bc} ±0.22 | 22.45 ^c ±0.28 |
| (%) | 5.00 | 8.84 | 10.92 | 12.02 | 14.88 |
| FMC (µm) | 23.39 ^a ±0.23 | 24.00 ^{ab} ±0.20 | 24.43 ^b ±0.24 | 24.63 ^b ±0.27 | 25.51 ^c ±0.30 |
| (%) | 13.37 | 24.10 | 17.06 | 32.96 | 42.82 |
| FFM (µm) | 38.69 ^{ab} ±1.14 | 37.35 ^a ±0.99 | 43.11 ^{cb} ±1.70 | 40.58 ^{abc} ±1.43 | 42.28 ^c ±1.38 |
| (%) | 0.41 | 0.42 | 0.94 | 0.94 | 1.37 |

^{a,b,c,d} Superíndices diferentes dentro de filas indican valores estadísticamente diferentes (p<0.05)

DMF: Diámetro medio de fibra TFM: Total de fibras con médula, FNM: Fibras sin médula, FMF: Fibras con médula fragmentada, FMD: Fibra con médula discontinua, FMC: fibra con médula continua, FFM: Fibra fuertemente medulada

Cuadro 4. Variaciones del diámetro de fibra por tipo de medulación (media ± E.E.) y porcentajes de medulación (%) en fibra de alpaca Huacaya según sexo

| | Macho | Hembra |
|-------------------------------------|---|--|
| | n Media ± D.E. % | n Media ± D.E. % |
| Diámetro medio de fibra (DMF) | 89 19.85 ^a ± 2.364 48.08 | 109 20.72 ^b ± 2.633 56.74 |
| Fibras no meduladas (FNM) | 89 17.61 ^a ± 0.16 52.43 | 109 17.96 ^b ± 0.14 43.66 |
| Fibras con médula fragmentada (FMF) | 89 20.46 ^a ± 0.19 16.17 | 109 20.71 ^b ± 0.14 16.47 |
| Fibra con médula discontinua (FMD) | 89 21.28 ^a ± 0.16 8.69 | 109 21.42 ^a ± 0.13 10.19 |
| Fibra con médula continua (FMC) | 89 24.01 ^a ± 0.19 21.95 | 109 24.41 ^a ± 0.15 28.92 |
| Fibra fuertemente medulada (FFM) | 80 39.27 ^a ± 0.87 0.73 | 99 40.63 ^a ± 0.82 0.74 |

Superíndices diferentes dentro de filas indican valores estadísticamente diferentes (p<0.05)

Cuadro 5. Correlaciones entre el tipo de medulación de fibra con el diámetro medio de fibra en alpacas Huacaya

| | Med-total | Med-frag | Med-disc | Med-cont | F-med | No-med | DMF |
|-----------|-----------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|
| Med-total | 1.000 | 0.151 | 0.851** | 0.912** | 0.433** | -1.000** | 0.883** |
| FMF | | 1.000 | 0.201 | -0.161 | -0.204 | -0.146 | -0.011 |
| FMD | | | 1.000 | 0.773** | 0.361* | -0.848** | 0.770** |
| FMC | | | | 1.000 | 0.464* | -0.915** | 0.875** |
| FFM | | | | | 1.000 | -0.432* | 0.525** |
| FNM | | | | | | 1.000 | -0.883** |
| DMF | | | | | | | 1.000 |

Med total: Medulación total; FMF: Medulación fragmentada; FMD: Medulación discontinua; FMC: Medulación continua; FFM: Fuertemente meduladas; FNM: fibras no meduladas; DMF: diámetro medio de la fibra

Las hembras presentaron un mayor valor de DMF, FNM y FMF ($p < 0.05$), siendo similar entre sexo para las demás características (Cuadro 4).

En el Cuadro 5 se observa que las correlaciones más resaltantes fue el de las fibras meduladas con el diámetro medio de fibra ($r = 0.525$), lo cual significa que si se reduce el porcentaje total de fibras meduladas también se reduce considerablemente el diámetro medio de la fibra (DMF) en las alpacas. Resultado diferente fue entre el porcentaje de fibra no meduladas en comparación con el diámetro medio de fibra ($r = -0.883$), correlación negativa que indica que al aumentar la proporción de fibras no meduladas se reduce considerablemente el DMF.

DISCUSIÓN

El incremento del diámetro medio de la fibra en alpacas Huacaya por efecto de edad, así como las variaciones en el porcentaje del total de fibras meduladas fue evidente. Resultado similar se ha reportado en llamas (Martinez *et al.*, 1997), donde las llamas jóvenes tienen menor diámetro y mayor porcentaje de fibras no meduladas. Se asume que la mayor medulación de la fibra esté

relacionada con el grado de selección de los animales, así como a los efectos medioambientales como la estación del año y la alimentación (Lupton *et al.*, 1991). Las variaciones del diámetro de fibra influyen en la clasificación y categorización de la fibra (Pariona, 2017), la que está influenciada de manera directa con la cantidad de fibras meduladas (McGregor *et al.*, 2013).

Con relación al incremento de fibras sin médula por efecto de la edad se puede mencionar el trabajo de Berolatti *et al.* (2021) quienes muestran en alpacas adultas porcentajes de fibras con médula continua (3.73%) y fuertemente meduladas (39.46 μm y 2.10%). En este sentido, en el presente estudio se obtuvo valores superiores en el caso de fibras fuertemente meduladas (43.11 μm y 0.94%), diferencias probablemente debidas a la procedencia y tamaño de muestras utilizadas en los estudios.

La edad influye en el diámetro de la fibra por el incremento de las fibras meduladas (Llactahuamani *et al.*, 2020), Por su parte, Guillen (2019), si bien considera tres tipos de medulación, los diámetros se aproximan a los resultados encontrados, pero los porcentajes de presentación difieren probablemente debido a factores de carácter genético y medio-

ambiental. Es así que si el objetivo es mejorar la calidad de la fibra de alpaca Huacaya a partir de los tipos de medulación, se requiere seleccionar aquellos animales que de menor diámetro de fibra y con alto porcentaje de fibras no meduladas (Cruz *et al.*, 2019; Frank, 2011).

Considerando el sexo de las alpacas Huacaya, el diámetro de fibras meduladas y los porcentajes de medulación son superiores a los observados en las llamas, tal como reporta Martínez *et al.* (1997). Asimismo, los índices de medulación por regiones en alpacas y llamas en ambos sexos descritos por Córdoba (2015) muestran una amplia variación y por encima del 50%, en tanto que Torres (2020) encuentra valores de 26.6 μm y 30.8% de fibras meduladas en machos y hembras, respectivamente, diferencias que podrían ser atribuidas a la especie, la carga genética, el efecto medioambiental y el uso de distintos equipos para el análisis de la fibra.

El coeficiente de correlación positivo entre el diámetro de fibra y la tasa de medulación ($r = 0.88$) coincide con Barreda (2019), quien manifiesta una correlación positiva, aunque inferior al del presente estudio ($r = 0.547$).

CONCLUSIONES

- Las fibras de alpaca sin médula presentan un menor diámetro frente a las meduladas y estas se manifiestan en mayor porcentaje (52.85%).
- Los tipos de medulación y el diámetro medio de fibra son influenciadas por la edad y el sexo de las alpacas.
- Se presenta una correlación positiva y alta entre el diámetro promedio de las fibras con el porcentaje de fibras con médula; asimismo, se evidencia una correlación negativa y alta entre el diámetro promedio de las fibras con los porcentajes de fibras sin médula.

Agradecimientos

Los autores agradecen a todos las personas que participaron en la ejecución del estudio.

LITERATURA CITADA

1. **Appleyard HM. 1978.** Guide to the identification of animal fibres. Wira. 124 p.
2. **Aylan-Parker J, McGregor BA. 2002.** Optimising sampling techniques and estimating sampling variance of fleece quality attributes in alpacas. Small Ruminant Res 44: 53-64. doi: 10.1016/S0921-4488(02)00038-X
3. **Balasingam A. 2005.** The definitions of medullation threshold values used by different testing methods to define an objectionable medullated fibre in merino wool. In: Aust Wool Innovation Proj. EC651. 32 p.
4. **Barreda F. 2019.** Características textiles y estructura medular de la fibra de alpaca Huacaya de la provincia de Huancane 2019. Tesis de Ingeniero Textil. Juliaca, Perú: Univ. Nacional de Juliaca. 109 p.
5. **Berolatti Obando G, Ruiz Mejía L, Cabrera Bustamante FA, Aliaga Gutiérrez J, Quispe Bonilla MD, Quispe Peña EC. 2021.** Evaluación de la medulación de fibras de lanas y fibras especiales de algunas especies de animales. Rev Inv Ve Perú 32: e17639. doi: 10.15381/rivep.v32i5.17639
6. **Botha AF, Hunter L. 2010.** The measurement of wool fibre properties and their effect on worsted processing performance and product quality. Part 1: The objective measurement of wool fibre properties. Textile Progress 42: 227-339. doi: 10.1080/00405167.2010.486932
7. **Córdoba ML. 2015.** Comparación de la calidad de la fibras de *Vicugna pacos* (alpaca) y *Lama glama* (llama). Tesis de Ingeniero Zootecnista. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnico de Chimborazo. 113 p.

8. **Cruz A, Morante R, Gutiérrez JP, Torres R, Burgos A, Cervantes I. 2019.** Genetic parameters for medullated fiber and its relationship with other productive traits in alpacas. *Animal* 13: 1358-1364. doi: 10.1017/S1751731118003282
9. **Frank EN, Hick MVH, Molina MG, Caruso LM. 2011.** Genetic parameters for fleece weight and fiber attributes in Argentinean llamas reared outside the Altiplano. *Small Rumin Res* 99: 54-60. doi: 10.1016/j.smallrumres.2011.03.048
10. **Frank EN, Hick MVH, Molina MG, Caruso LM. 2009.** Heredabilidades, correlaciones fenotípicas, correlaciones genéticas y repetibilidades de variables productivas en llamas argentina. *Asoc Latinoam Prod Anim* 17: 103-107.
11. **Guillen AL. 2019.** Variación en el diámetro de fibra por efecto de la medulación en vellones finos de alpacas Huacayas de diferentes edades. Tesis de Médico Veterinario. Lima, Perú: Univ. Nacional Mayor de San Marcos. 56 p.
12. **Hunter L. 1993.** Mohair: a review of its properties, processing and applications. Division of Textile Technology. [Internet]. Disponible en: <https://researchspace.csir.co.za/dspace/handle/10204/4733>. <http://hdl.handle.net/10204/4733>
13. **Llactahuamani I, Ampuero E, Cahuana E, Cucho H. 2020.** Calidad de la fibra de alpacas Huacaya y Suri del plantel de reproductores de Ocongate, Cusco, Perú. *Rev Inv Vet Perú* 31: e17851. doi: 10.15381/rivep.v31i2.17851
14. **IWTO. 2015.** Method of determining fibre diameter distribution parameters and percentage of medullated fibres in wool and other animal fibres by the projection microscope. IWTO-8-04. IWTO Red Book.
15. **Lupton CJ, Pfeiffer FA, Blakeman NE. 1991.** Medullation in mohair. *Small Ruminant Res* 5: 357-365. doi: 10.1016/0921-4488(91)90073-Y
16. **Martínez Z, Iñiguez LC, 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
17. **McGregor BA, Butler KL. 2004.** Contribution of objective and subjective attributes to the variation in commercial value of Australian mohair: Implications for mohair production, genetic improvement, and mohair marketing. *Aust J Agric Res* 55: 1283-1298. doi: 10.1071/AR04107
18. **McGregor BA, Butler KL, Ferguson MB. 2013.** The relationship of the incidence of medullated fibres to the dimensional properties of mohair over the lifetime of Angora goats. *Small Ruminant Res* 115: 40-50. doi: 10.1016/j.smallrumres.2013.08.010
19. **McGregor BA, Ramos HE, Quispe Peña EC. 2012.** Variation of fibre characteristics among sampling sites for Huacaya alpaca fleeces from the High Andes. *Small Ruminant Res* 102: 191-196. doi: 10.1016/j.smallrumres.-2011-07.016
20. **Pariona JE. 2017.** Rendimientos de categorización y clasificación de fibra de alpaca (*Vicugna pacos*). Tesis de Magíster. Lima, Perú: Univ. Nacional Agraria La Molina. 70 p.
21. **Pinares R, Gutierrez GA, Cruz A, Burgos A, Gutierrez JP. 2019.** Variabilidad fenotípica del porcentaje de fibras meduladas en el vellón de alpaca Huacaya. *Rev Inv Vet Perú* 30: 699-708. doi 10.15381/rivep.v30i2.16098
22. **Pinares R, Gutierrez GA, Cruz A, Morante R, Cervantes I, Burgos A, Gutierrez JP. 2018.** Heritability of individual fiber medullation in Peruvian alpacas. *Small Ruminant Res* 165: 93-100. doi: 10.1016/j.smallrumres.-2018.04.007
23. **Quispe M, Serrano L, Trigo JD, Quispe C, Poma A, Quispe E. 2022.** Application of artificial intelligence and digital analysis to automatically determine the percentage of fiber medullation in alpaca fleece samples. *Small Ruminant*

- Res 213: 10672. doi: 10.1016/j.smallrumres.2022.106724
24. **R Core Team. 2021.** R: a language and environment for statistical computing (Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing). [Internet]. Available at: <http://www.R-project.org/>
25. **Torres RN. 2020.** Tasa de medulación de fibra de alpaca (*Vicugna pacos*) mediante la comparación del Medulometro y el OFDA 100. Tesis de Maestría. Arequipa, Perú: Univ. Católica Santa María. 89 p.