

Características textiles de la fibra de alpaca Huacaya, según zonas agroecológicas, sexo y edad en la Región Puno (Perú)

Textile characteristics of the Huacaya alpaca fibre, according to agroecological zones, sex and age in the Puno Region (Peru)

Rosa Larios-Francia^{1*}, Oscar Cárdenas², Francisco H. Rodríguez-Huanca³, Jhuniór Ccopa³, Andrés Condori⁴, Wilfredo Hernández¹, Luis Chaves-Bellido⁵, Bertha Díaz¹, Rafael Chavez¹, Joan Sánchez¹, Carlos Galvez¹

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la zona agroecológica en las características textiles de la fibra de alpaca (*Vicugna pacos*), procedente de rebaños de unidades productivas de la Puna seca y Puna húmeda en la región Puno, según sexo y edad. Las muestras fueron obtenidas de 5530 alpacas Huacaya. El Diámetro de fibra (DF), Desviación estándar del diámetro de fibra (DEDF), Coeficiente de variación de diámetro de fibra (CVDF), Finura al hilado (FH), Índice de curvatura (IC) y Desviación estándar del índice de curvatura (DEIC) fueron registrados utilizando el equipo OFDA 2000. Los efectos de la zona agroecológica con relación al sexo y edad (Diente de leche [DL], 2 dientes [2D], 4 dientes [4D] y Boca llena [BLL]) se estimaron mediante un diseño al azar con arreglo factorial y prueba de rango múltiple de Duncan. Los valores de DF se encuentran en el rango de 13.3 a 34.5 μm con un valor promedio de 20.32 μm . Las alpacas de la Puna

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad de Lima, Lima, Perú

² Instituto Nacional de Innovación Agraria, Estación Experimental Agraria Illpa, CIP Quimsachata, Puno, Perú

³ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú

⁴ Centro de Innovación Tecnológica de los Camélidos Sudamericanos, Puno, Perú

⁵ Incalpaca, Arequipa, Perú

* E-mail: rlariosf@ulima.edu.pe

Proyecto Concytec- Banco Mundial "Mejoramiento y Ampliación de los Servicios del Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación Tecnológica" 8682-PE, a través de su unidad ejecutora ProCiencia. C089-2018 Fondecyt-BM-IADT-MU

Recibido: 20 de mayo de 2022

Aceptado para publicación: 5 de marzo de 2023

Publicado: 28 de abril 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

húmeda presentaron menor DF (13.3-34.5 μm) en comparación con las de la Puna seca (13.6-37.9 μm). La edad y el sexo inciden en el DF, pues las alpacas BLL registraron mayor DF frente a las alpacas DL ($p < 0.05$). Asimismo, se observó un menor DF en alpacas macho en comparación con las hembras ($p < 0.05$). La correlación entre zonas agroecológicas, sexo y edad se demostró al obtener menor diámetro en las alpacas macho DL de Puna húmeda. Además, se identificó una correlación significativa entre la calidad de fibra evaluada a partir de sus características textiles con la zona agroecológica.

Palabras clave: alpaca, zona agroecológica, características textiles, fibra, sexo, edad

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of the agroecological zone on the textile characteristics of the alpaca fibre (*Vicugna pacos*) from herds of productive units of the dry Puna and wet Puna in the Puno region, according to sex and age. The samples were obtained from 5530 Huacaya alpacas. Fibre diameter (FD), Standard Deviation of Fibre Diameter (SDFD), Coefficient of Variation of Fibre Diameter (CVDF), Spin Fineness (SF), Curvature Index (ICur) and Standard Deviation of Curvature Index (SDICur) were recorded using the OFDA 2000 equipment. The effects of the agroecological zone in relation to sex and age (Deciduous teeth [DL], 2 teeth [2D], 4 teeth [4D] and all teeth [BLL]) were estimated using a randomized design with factorial arrangement and Duncan's multiple range test. The FF values are in the range of 13.3 to 34.5 μm with an average value of 20.32 μm . The alpacas from the wet Puna presented lower FD (13.3-34.5 μm) compared to those from the dry Puna (13.6-37.9 μm). Age and sex affect the FD, as BLL alpacas registered a higher FF compared to the DL alpacas ($p < 0.05$). Likewise, a lower FD was observed in male alpacas compared to females ($p < 0.05$). The correlation between agroecological zones, sex and age was demonstrated by obtaining a smaller diameter in male DL alpacas from wet Puna. In addition, a significant correlation was identified between the fibre quality evaluated from its textile characteristics with the agroecological zone.

Key words: alpaca, agroecological zone, textile characteristics, fibre, sex, age

INTRODUCCIÓN

La alpaca (*Vicugna pacos*) posee un pelaje clasificado como fibra de lujo que se encuentra incluida en la clasificación de fibras finas. Es una fibra de alto valor textil debido a su suavidad, longitud, finura, elasticidad, resistencia, propiedades higroscópicas y térmicas, presentando una gama de 22 colores naturales y más de 65 tonalidades intermedias (MINAGRI, 2019). El Perú es el primer productor de alpaca en el mundo, al con-

tar con el 88.8% de la población mundial (cerca de cinco millones de ejemplares). La raza Huacaya representa el 80.4% y la Suri el 12.2%. Las alpacas se concentran principalmente en Puno (45.4%), Cusco (15%), Arequipa (10.5%), Ayacucho (6.6%), Huancavelica (5.9%), Apurímac (4.8%) (Huanca, 2019; INIA, 2020; León, 2020). La crianza de alpacas es la actividad económica que constituye el sustento para el 80% del poblador alto andino que habita sobre los 4000 msnm, conformado por más de 350 000 familias (FAO, 2008; MINAGRI, 2021).

En los años 2019 y 2020, las exportaciones de productos de alpaca alcanzaron US\$ 163 millones y US\$ 114 millones, respectivamente. Los productos textiles representaron el 65% del total de exportaciones, siendo la fibra y el hilo, los productos más importantes. Sin embargo, para generar valor agregado a través de procesos textiles y satisfacer los requisitos de la demanda internacional se requiere transformar la fibra de alpaca.

En estudios de caracterización de fibra realizado en camellos de Asia Central, Iñiguez *et al.* (2014) encontraron que la localización geográfica no era un factor de impacto en los parámetros de calidad de la fibra. Por otro lado, Khan *et al.* (2012) evidenciaron que los factores ambientales afectan la calidad de la lana de oveja. McGregor (2003), asimismo, indica que fibras de las cabras Cashmere de Australia y China son afectadas por factores externos como la nutrición, afectan la calidad de la fibra, especialmente en características como curvatura de fibra, diámetro medio, longitud y resistencia a la compresión.

Con respecto a las fibras de camélidos, se dispone de estudios sobre el efecto de la locación geográfica en la calidad de la fibra. Entre estos, se resaltan los trabajos que evaluaron las características textiles de fibras en localidades de Apurímac (Machaca *et al.*, 2017; Ramos-De la Riva y Mamani, 2019; Rutnis *et al.*, 2015; Vásquez *et al.*, 2015), Puno (Aguilar *et al.*, 2019; Cruz *et al.*, 2019; Roque y Ormachea, 2018; Berolatti, 2021; Zúñiga *et al.*, 2021), Cusco (Llactahuamani *et al.*, 2020) y Huancavelica (Cordero *et al.*, 2011); sin embargo, no hay estudios que relacionen las características textiles con las zonas agroecológicas en las regiones andinas de Puna seca y Puna húmeda.

Se tiene evidencia que la producción y calidad de la fibra de alpacas están afectadas por el medio ambiente, lugar de pastoreo, la genética y la alimentación (Franco *et al.*, 2009; Quispe *et al.*, 2021). La pradera nativa altoandina es de uso exclusivo para el pasto-

reo de camélidos sudamericanos, ovinos y vacunos, principalmente, por su gran extensión de bofedales y gran variabilidad de micro geografía, precipitación, sistema vegetal y suelo (Rocha y Sáez, 2003; Quispe *et al.*, 2013). En la Puna se ubican las zonas agroecológicas de Puna húmeda y Puna seca, donde el clima reinante es frío y seco, con temperaturas que oscilan de -16 a +14 °C, con precipitación pluvial anual entre 500 a 1000 mm (Rolando *et al.*, 2017) y un periodo libre de heladas de 30 a 110 días.

La Puna seca, una gran zona de los Andes Centrales, se distribuye principalmente entre centro-sur de Bolivia y el noroeste de Argentina, con extensiones menores en zonas adyacentes del suroeste de Perú y el noroeste de Chile (Josse *et al.*, 2009). Esta ecorregión se localiza en la Cordillera Occidental de los Andes en el sur del Perú, entre 4200 y 4900 msnm, y está constituida por zonas xerofíticas de suelos arenosos en donde se desarrollan los tolares, conformada por pastizales de puna en ladera y pampa, pajonales (*Stipa ichu*), junto con otras gramíneas de los géneros *Stipa*, *Festuca* y *Calamagrostis*. El suelo es de baja fertilidad, presentando 86% de pastos de secano, 11% de bofedal permanente y 4% de bofedal temporal. Las bajas temperaturas (18 a -25°C) no permiten el desarrollo de la agricultura, de modo que los pobladores se dedican a la crianza de camélidos, ovinos y vacunos (Josse *et al.*, 2009; Huanca, 2019).

La Puna húmeda se extiende por el norte del Perú hasta el centro de la Cordillera Oriental de Bolivia, e incluye la gran cuenca altoandina del Lago Titicaca y diversos valles interandinos. Cubre altitudes desde 2000 msnm en los valles hasta más de 6000 msnm en las altas cumbres y nevados de la cordillera. La principal fuente alimenticia de las alpacas son pasturas a base de especies de los géneros *Carex*, *Calamagrostis*, *Gentiana*, *Werneria*, *Arenaria* e *Hypsela*. (DRA Puno, 2008; Huanca, 2019; Josse *et al.*, 2009).

El presente trabajo describe la caracterización de la fibra de alpaca de raza Huacaya, procedente de los rebaños de las unidades productivas de comunidades de las dos zonas agroecológicas existentes en la región Puno (Puna húmeda y Puna seca), identificando y relacionando las características textiles de fibra con la edad, sexo y la zona de crianza de camélidos. Los resultados del estudio permitirán a los productores de fibra de alpaca direccionar e implementar de manera adecuada programas de crianza, incrementando la calidad de la fibra de alpaca, generando una actividad económica sostenible y de forma indirecta mejorando la calidad de vida del criador alpaquero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Locación del Estudio y Animales

El trabajo se desarrolló en comunidades localizadas entre 4100 y 4800 msnm de la Región Puno a nivel de dos zonas agroecológicas, considerando alpacas Huacaya provenientes de 27 rebaños en Puna húmeda y 28 rebaños en Puna seca. Se utilizaron muestras de fibra de 5530 alpacas, siendo el 60.7% de alpacas de la Puna húmeda y 39.3% de alpacas de la Puna seca. Del total de alpacas evaluadas, 19.5% fueron machos y 80.5% fueron hembras (Cuadro 1).

La edad fue determinada mediante la dentadura. Se registró Diente de leche (DL), correspondiendo a los tuis; Dos dientes (2D), cuando las alpacas han empezado o tienen

completa muda de las pinzas, y corresponde a 2.5 años; Cuatro dientes (4D), cuando inician o completaron la muda de los incisivos medios o medianos, y corresponde a 3-3.5 años; y Boca llena (BLL), cuando están empezando o tienen completa la muda de los incisivos extremos, y corresponde a 4.5-5 años (Huanca, 2019). La frecuencia de animales según el grupo etario fue 36.2% DL, 11.1% 2D, 17.0% 4D y 35.8% BLL.

Se realizó la caracterización por rebaño como primera vista de la situación actual del capital pecuario que cuenta el criador en su unidad productiva. Esta actividad fue realizada en los meses de octubre y noviembre de 2020, antes de la esquila. Las muestras de fibra fueron obtenidas de la región del costillar medio (± 10 g). Las muestras de fibra se colocaron en bolsas rotuladas de polietileno con cierre hermético de 4 μ m, y se registró el número de arete, raza, color, sexo, edad, densidad de fibra y categoría de la alpaca. Asimismo, se anotaron datos de los propietarios: provincia, distrito, comunidad o parcela, fundo o lugar, fecha y nombre del evaluador.

Análisis de la Fibra

Las muestras de fibra se analizaron en el Laboratorio de Fibras de la Estación Experimental EEA ILLPA (CIP Quimsachata), del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Se realizaron las siguientes mediciones, utilizando los métodos estándar nacionales o internacionales como referencia: Diámetro de fibra (DF), ASTM D2252-18, NTP 231.019:2011, Desviación estándar del Diá-

Cuadro 1. Alpacas Huacaya del estudio según sexo, edad y zona agroecológica

Zona	Sexo		Edad				Total
	M	H	DL	2D	4D	BLL	
Húmeda	821	2,535	1,577	332	575	872	3,356
Seca	259	1915	423	279	363	1,109	2,174
Total	1,080	4,450	2,000	611	938	1,981	5,530

M: Macho, H: Hembra, DL: Diente de leche, 2D: 2 dientes, 4D: 4 dientes, BLL: Boca llena

metro de fibra (DEDF), Coeficiente de variación del diámetro de fibra (CVDF), Finura al hilado (FH) con NTP 231.301:2014 y NTP 231.300:2019, Índice de curvatura (IC) y Desviación estándar del índice de curvatura (DEIC), utilizando el equipo de escaneo laser Optical-based Fibre Diameter Analyser 2000 (OFDA), a lo largo de las mechas en tiempo real aplicando el factor de corrección por grasa. Cada DF se mide con una resolución de 1 μm y el diámetro medio y la desviación estándar combinada se calculan considerando una resolución de 0.01 μm .

Análisis Estadístico

La información fue evaluada utilizando un modelo lineal con el software R v. 4.0.4 (R Core Team, 2020). Las variables fueron analizadas mediante un diseño completamente al azar, a través del análisis de varianza y con arreglo factorial para la zona agroecológica x sexo y zona agroecológica x edad. Las variables en estudio fueron la zona agroecológica (Puna seca, Puna húmeda), sexo (macho, hembra) y edad (Diente de leche [DL], 2 dientes [2D], 4 dientes [4D] y Boca llena [BLL]).

Los modelos aditivos lineales fueron:

- Modelo I. $Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$, donde Y_{ijk} representa la variable dependiente analizada; μ representa la media general; α_i ; representa el efecto de la zona agroecológica (α = seca o húmeda); β_j : representa el efecto del sexo (j = macho o hembra) ($\alpha\beta$) $_{ij}$: representa el efecto de la interacción zona por sexo y ϵ_{ijk} representa el error aleatorio residual que se asume no correlacionado y normalmente distribuido (0, $\sigma^2\epsilon$).
- Modelo II. $Y_{klm} = \mu + \gamma_k + \delta_l + (\gamma\delta)_{kl} + \epsilon_{klm}$, donde Y_{klm} representa la variable dependiente analizada; μ representa la media general γ_k : representa el efecto de la zona agroecológica (k = seca o húmeda);

δ_l representa el efecto de la edad del animal (l = DL, 2DL, 4D y BLL), $(\gamma\delta)_{kl}$: representa el efecto de la interacción zona por edad y ϵ_{klm} representa el error aleatorio residual que se asume no correlacionado y normalmente distribuido (0, $\sigma^2\epsilon$).

Los efectos significativos a la prueba de F se contrastaron considerando las probabilidades de Tukey ajustadas. Para esto las probabilidades inferiores al 5% se consideraron estadísticamente significativas.

RESULTADOS

Los parámetros estadísticos de las características físicas de la fibra de alpaca por efecto de la zona agroecológica (Puna húmeda y Puna seca) se presentan en el Cuadro 2. Asimismo, en el Cuadro 3 se muestra el número de mediciones realizadas (N), promedio y error estándar (EE) de las características textiles asociadas a la fibra de alpaca de acuerdo con la zona agroecológica, edad y sexo.

La Figura 1 muestra la distribución porcentual de los animales según el DF por zona agroecológica. Se evidencia diferencias entre la Puna húmeda, con una mayor población de animales y con DF menores a 20.32 μm con respecto a la Puna seca, en donde la fibra de los animales resulta más gruesa, con una media de 22.70 μm , llegando a valores extremos de 37.9 μm .

Diámetro de fibra (DF)

El DF en Puna húmeda fue menor (20.32 \pm 0.06 μm) en comparación al DF de las alpacas de la Puna seca (22.70 \pm 0.07 μm ; $p < 0.05$). Por otro lado, el DF se incrementa conforme avanza la edad, siendo las fibras más finas para las alpacas DL ($p < 0.05$). Asimismo, las fibras más finas se observaron en los machos ($p < 0.05$) (ver Cuadro 3).

Cuadro 2. Características textiles de la fibra de alpaca Huacaya de acuerdo con la zona agroecológica: Puna húmeda (n=3356 alpacas) y Puna seca (2,174 alpacas)

Zona	Variable	Media	D.E.	C.V.	Mínimo	Máximo
Húmeda	DF	20.32	3.31	16.29	13.3	34.5
	DEDF	4.37	0.75	17.15	2.5	10.3
	CVDF	21.57	2.14	9.93	13.3	32.8
	FH	19.88	3.17	15.95	13.1	35.3
	IC	40.30	8.01	19.87	14.6	70.2
	DEIC	31.69	5.89	18.58	13.4	74.0
Seca	DF	22.70	3.49	15.38	13.6	37.9
	DEDF	4.90	0.82	16.71	2.8	9.7
	CVDF	21.67	2.09	9.66	13.9	29.3
	FH	25.77	15.61	60.55	13.5	100
	IC	40.28	10.16	25.21	11.0	78.1
	DEIC	31.18	6.95	22.29	11.4	58.0

DF: Diámetro de fibra, DEDF: Desviación estándar del Diámetro de fibra, CVDF: Coeficiente de variación del diámetro de fibra, FH: Finura al hilado, IC: Índice de curvatura, DEIC: Desviación estándar del índice de curvatura, D.E.: Desviación estándar, C.V.: Coeficiente de variación

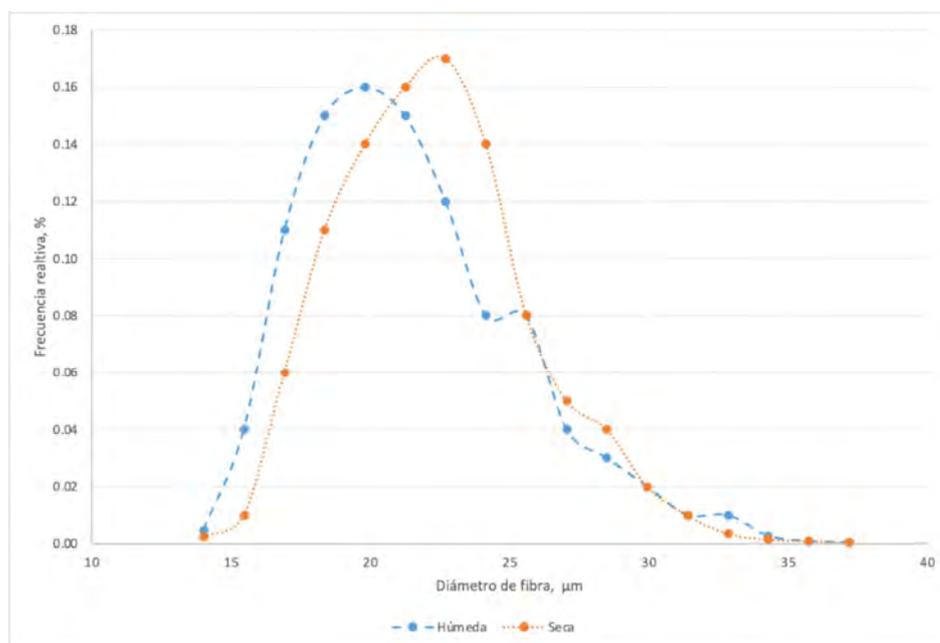


Figura 1. Diámetro de fibra en alpacas Huacaya de zonas agroecológicas de puna húmeda y puna seca de la región Puno, Perú

Cuadro 3. Características textiles de la fibra de alpaca Huacaya de acuerdo con la zona agroecológica, edad (con base a la dentadura¹) y sexo

Variable	n	DF ± EE	DEDF±EE	CVDF±EE	FH ± EE	IC ± EE	DEIC ± EE
Zona							
Húmeda	3,356	20.32 ^a ±0.06	4.37 ^a ±0.01	21.57 ^a ±0.04	19.88 ^a ±0.17	40.30 ^a ±0.15	31.69 ^b ±0.11
Seca	2,174	22.70 ^b ±0.07	4.90 ^b ±0.02	21.67 ^a ±0.05	25.77 ^b ±0.22	40.28 ^a ±0.19	31.18 ^a ±0.14
Probabilidad		0.001	0.001	0.069	0.001	0.946	0.003
Edad							
DL	2,000	18.99 ^a ±0.07	4.17 ^a ±0.02	21.99 ^c ±0.05	18.65 ^a ±0.23	39.07 ^a ±0.20	31.23 ^a ±0.14
2D	938	21.05 ^b ±0.12	4.66 ^b ±0.03	22.16 ^d ±0.08	20.88 ^b ±0.41	40.72 ^b ±0.36	31.47 ^a ±0.25
4D	1,979	21.85 ^c ±0.10	4.68 ^b ±0.02	21.47 ^b ±0.07	24.08 ^c ±0.33	42.72 ^c ±0.29	32.83 ^b ±0.21
BLL	611	23.33 ^d ±0.07	4.92 ^c ±0.02	21.12 ^a ±0.05	25.29 ^d ±0.23	40.26 ^b ±0.20	31.12 ^a ±0.14
Probabilidad		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Sexo							
Macho	1,080	19.63 ^a ±0.11	4.33 ^a ±0.02	22.08 ^b ±0.06	21.48 ^a ±0.32	39.12 ^a ±0.27	31.10 ^a ±0.19
Hembra	4,450	21.65 ^b ±0.05	4.64 ^b ±0.01	21.49 ^a ±0.03	22.37 ^b ±0.16	40.58 ^b ±0.13	31.58 ^b ±0.09
Probabilidad		0.001	0.001	0.001	0.012	0.001	0.024

DF: Diámetro de fibra, DEDF: Desviación estándar del diámetro de fibra, CVDF: Coeficiente de variación del diámetro de fibra, FH: Finura al hilado, IC: Índice de curvatura, DEIC: Desviación estándar del índice de curvatura, EE: Error estándar

DL: Diente de leche (DL); 2D: Dos dientes; 4D: Cuatro dientes; BLL: Boca llena

Al evaluar la interacción de la zona agroecológica frente al sexo se evidenció que las alpacas macho de la Puna húmeda tienen un diámetro de fibra menor (18.67 µm) en comparación con el DF de las alpacas macho y hembras de la Puna seca (22.65 y 22.70 µm, respectivamente). En la interacción de la zona agroecológica frente a la edad se encontró que las alpacas DL de la Puna húmeda tienen menor diámetro (18.38 µm) que las alpacas BLL de la Puna seca (23.61 µm), tal como se muestra en los cuadros 4 y 5.

Desviación estándar del diámetro de fibra (DEDF)

El DEDF en Puna húmeda fue menor que en la Puna seca ($p < 0.05$). Además, esta medida aumenta con la edad ($p < 0.05$), y existe menor variabilidad en los machos en comparación con las hembras (Cuadro 3; $p < 0.05$). Con relación a las interacciones, los machos de la Puna húmeda presentaron menor va-

riabilidad del DF, mientras que las alpacas de ambos sexos de la Puna seca tuvieron mayor variabilidad del DF. En forma similar, las alpacas DL tienen menor variabilidad del DF y las alpacas BLL presentan la mayor DEDF (cuadros 4 y 5).

Coeficiente de variación (CVDF)

El CVDF no se ve afectado por la zona ($p > 0.05$), pero se observan diferencias según la edad, siendo mayor en alpacas DL y de menor variación en alpacas BLL. De la misma manera, las alpacas macho tienen más variación del CVDF que las hembras (Cuadro 3; $p < 0.05$). En la interacción zona x sexo, las hembras de la Puna húmeda tienen menor CVDF, mientras que los machos de ambas zonas presentan mayor CVDF ($p < 0.05$). Por otro lado, el CVDF es menor en las alpacas DL de la Puna húmeda, seguido por las alpacas de 4D de ambas zonas (Cuadros 4 y 5).

Cuadro 4. Características textiles de la fibra de alpaca Huacaya por efecto de la interacción zona agroecológica x sexo

Zona	Sexo	n	DF ± EE	DEDF±EE	CVDF ± EE	FH ± EE	IC ± EE	DEIC ± EE
Húmeda	Macho	821	18.67 ^a ±0.12	4.13 ^a ±0.03	22.12 ^c ±0.07	18.37 ^a ±0.35	38.91 ^a ±0.31	30.67 ^a ±0.39
	Hembra	2,535	20.86 ^b ±0.07	4.44 ^b ±0.02	21.39 ^a ±0.04	20.37 ^b ±0.20	39.77 ^a ±0.55	31.23 ^a ±0.22
Seca	Macho	259	22.65 ^c ±0.21	4.97 ^c ±0.05	21.97 ^c ±0.13	25.02 ^c ±0.23	40.35 ^a ±0.20	31.25 ^a ±0.14
	Hembra	1,915	22.70 ^c ±0.08	4.90 ^c ±0.02	21.63 ^b ±0.05	31.36 ^d ±0.62	40.75 ^a ±0.18	31.84 ^a ±0.13
Probabilidad			0.001	0.001	0.018	0.001	0.071	0.945

DF: Diámetro de fibra, DEDF: Desviación estándar del Diámetro de fibra, CVDF: Coeficiente de variación del diámetro de fibra, FH: Finura al hilado, IC: Índice de curvatura, DEIC: Desviación estándar del índice de curvatura, EE: Error estándar

Cuadro 5. Características textiles de la fibra de alpaca Huacaya por efecto de la interacción zona agroecológica x edad

Zona	Edad	n	DF ± EE	DEDF±EE	CVDF ± EE	FH ± EE	IC ± EE	DEIC ± EE
Húmeda	DL	1,577	18.38 ^a ±0.07	4.04 ^a ±0.02	21.99 ^{cd} ±0.05	18.06 ^a ±0.25	38.92 ^a ±0.22	30.69 ^a ±0.31
	2D	332	20.41 ^b ±0.16	4.53 ^b ±0.04	22.20 ^d ±0.11	20.08 ^b ±0.54	40.76 ^{bc} ±0.48	30.82 ^a ±0.19
	4D	575	21.57 ^{cd} ±0.12	4.57 ^b ±0.03	21.25 ^b ±0.09	21.05 ^{bc} ±0.41	43.07 ^d ±0.37	31.38 ^a ±0.16
	BLL	872	22.97 ^f ±0.10	4.76 ^d ±0.02	20.77 ^a ±0.07	22.33 ^d ±0.33	40.80 ^c ±0.30	31.43 ^a ±0.35
Seca	DL	423	21.24 ^c ±0.14	4.66 ^c ±0.04	21.99 ^{cd} ±0.10	20.86 ^{bc} ±0.48	39.60 ^{ab} ±0.43	31.51 ^a ±0.38
	2D	279	21.81 ^d ±0.18	4.81 ^{de} ±0.04	22.11 ^{cd} ±0.12	21.84 ^{cd} ±0.59	40.68 ^{bc} ±0.53	31.51 ^a ±0.21
	4D	363	22.28 ^e ±0.15	4.86 ^e ±0.04	21.82 ^c ±0.11	28.88 ^f ±0.51	42.17 ^d ±0.46	32.59 ^a ±0.33
	BLL	1,109	23.61 ^e ±0.09	5.04 ^f ±0.02	21.39 ^b ±0.06	27.63 ^e ±0.29	39.83 ^b ±0.26	32.97 ^a ±0.26
Probabilidad			0.001	0.001	0.001	0.001	0.047	0.554

DF: Diámetro de fibra, DEDF: Desviación estándar del Diámetro de fibra, CVDF: Coeficiente de variación del diámetro de fibra, FH: Finura al hilado, IC: Índice de curvatura, DEIC: Desviación estándar del índice de curvatura, EE: Error estándar

Cuadro 6. Correlaciones fenotípicas (debajo de la diagonal) para las características asociadas a la fibra (probabilidades por arriba de la diagonal)

	DF	DEDF	CVDF	FH	IC	DEIC
DF		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
DEDF	0.83		0.001	0.001	0.001	0.001
CVDF	-0.20	0.38		0.800	0.001	0.001
FH	0.36	0.34	-0.004		0.001	0.001
IC	-0.35	-0.40	-0.14	-0.07		0.001
DEIC	-0.42	-0.42	-0.06	-0.10	0.91	

DF: Diámetro de fibra, DEDF: Desviación estándar del diámetro de fibra, CVDF: Coeficiente de variación del diámetro de fibra, FH: Finura al hilado, IC: Índice de curvatura, DEIC: Desviación estándar del índice de curvatura

Índice de curvatura (IC)

Esta variable no se ve afectada por la zona ($p>0.05$). No obstante, se evidenció un menor IC para las alpacas DL y mayor para las alpacas de 4D, así como un menor IC para los machos (Cuadro 3; $p<0.05$). La interacción zona por sexo no se vio afectada, pero en la interacción zona por edad encontró que tanto las fibras de las alpacas DL de ambas zonas tienen un menor IC, mientras que las fibras de las alpacas de 4D registraron los mayores IC.

Desviación estándar del índice de curvatura (DEIC)

Se encontró mayor variabilidad para el índice de curvatura para la Puna húmeda en comparación a la Puna seca ($p<0.05$). Asimismo, las alpacas 4D tienen la mayor variabilidad en tanto que la variabilidad de los animales de las otras edades fue estadísticamente similar. También se evidenció que los machos tienen menor variabilidad del IC que las hembras ($p<0.05$) (Cuadro 3). Las interacciones zona por sexo y zona por edad no se vieron afectadas por esta variable ($p>0.05$) (Cuadros 4 y 5).

Finura al hilado (FH)

Las alpacas de la Puna húmeda presentaron la mejor FH ($19.88\pm 0.17 \mu\text{m}$) en comparación a las alpacas de la Puna seca ($25.77\pm 0.22 \mu\text{m}$) ($p<0.05$). Asimismo, el valor de la FH aumenta con la edad ($p<0.05$) y es mayor en hembras que en machos (Cuadro 3; $p<0.05$). En la interacción zona por sexo se observó que los machos de la Puna húmeda tienen el menor valor de FH, mientras que las hembras de la Puna seca tienen el mayor valor de FH (Cuadro 4; $p<0.05$). Por otro lado, la FH es menor en alpacas DL de la Puna húmeda, mientras que el mayor valor fue encontrado en las alpacas 4D de la Puna seca.

Con respecto a las correlaciones fenotípicas (Cuadro 6), se encontró que el DF tiene una correlación alta con relación a la DEDF (0.83), de igual forma que el IC con la DEIC (0.91); sin embargo, el DF con respecto al FH muestra una correlación baja (0.36) y presenta una correlación negativa con respecto al IC (-0.35).

DISCUSIÓN

Diámetro de fibra (DF)

El menor valor de la media del diámetro de fibra (DF) en Puna húmeda ($20.32 \mu\text{m}$) con relación al valor obtenido en la Puna seca ($22.70 \mu\text{m}$) concuerdan con los resultados de Huanca *et al.* (2007), quienes lo atribuyen a la amplia variabilidad genética que gobierna este carácter, al tamaño de muestra utilizada y al factor alimentación. En este sentido, Franco *et al.* (2009) menciona que niveles alimenticios bajos en energía y proteína disminuyen el diámetro de fibra y retardan su crecimiento en longitud y volumen (finura de hambre). Calsin (2017) encontró, asimismo, un menor DF en alpacas del Centro de Investigación y Producción (CIP) La Raya ($21.60\pm 2.07 \mu\text{m}$) en Puna húmeda en comparación al valor de DF del CIP Chuquibambilla ($22.52\pm 2.15 \mu\text{m}$) en Puna seca.

El efecto de la edad frente al diámetro de fibra ha sido reportado por diversos autores, incluyendo a Frank *et al.* (2006) y Velarde (2011). Asimismo, Lupton *et al.* (2006) trabajando con alpacas en los Estados Unidos reportaron valores de 24.3, 26.5 y $30.1 \mu\text{m}$ para alpacas de 1, 2 y 3 o más años, respectivamente. En este sentido, Frank *et al.* (2006) indican que las alpacas jóvenes si bien producen vellones menos pesados que las adultas, producen vellones con fibras más finas, debido a que actividades de las esquilas tienen el efecto de incrementar el funcionamiento folicular. Además, el efecto de la edad sobre

la media de DF se debería a la queratinización de la fibra resultando mayor proceso de medulación en alpacas adultas (Contreras y Quispe, 2010).

El menor diámetro encontrado en las alpacas macho (19.63 μm) con relación a las alpacas hembra (21.65 μm) ($p < 0.05$) fue similar a los resultados obtenidos por otros investigadores (Montes *et al.*, 2008, Morante *et al.*, 2009; Quispe *et al.*, 2009), quienes evidencian que las alpacas macho tienen fibras más finas que las alpacas hembra debido a que la selección de los machos es mucho más minuciosa e intensa que la selección de las hembras. Sin embargo, en el presente trabajo se encontró una interacción significativa donde los machos de la zona agroecológica de Puna húmeda tienen un DF más fino que en el caso de las hembras, más no así en el caso de la Puna seca donde no se evidenció el efecto del sexo. En esta línea, Bustinza *et al.* (1988), Wuliji *et al.* (2000) y McGregor y Butler (2004) tampoco encontraron efecto del sexo sobre el diámetro de fibra. Además, se informó de una interacción favorable entre la zona agroecológica y la edad demostrándose una menor finura para las alpacas DL de la Puna húmeda, lo cual concuerda con las investigaciones antes mencionadas, debido en gran parte a la mejor calidad de las pasturas (Franco *et al.*, 2009).

Cabe resaltar que existen otros factores externos que modifican la respuesta productiva en alpacas a parte de la alimentación (Russel y Redden, 1997). Por ejemplo, el lugar de pastoreo (Quispe *et al.*, 2009), la frecuencia y año de esquila (Ruiz de Castilla, 2004) y la precipitación pluvial (Bustinza, 2001); sin embargo, la altitud no parece influir sobre la cantidad o la calidad de fibra (Braga *et al.*, 2007).

Finura al hilado (FH)

Los mejores valores de FH se encontraron en alpacas de la Puna húmeda (19.88 μm ; $p < 0.05$), a diferencia de la Puna seca (25.77 μm). Sin embargo, estos valores fue-

ron mayores a los encontrados en Puna húmeda en alpacas Huacaya (17.92 \pm 1.73 μm) por Diaz (2014). Por otro lado, un estudio realizado en Puna seca, región de Apurímac, muestra una FH de 19.40 μm (Vásquez *et al.*, 2015), similar al valor obtenido en la Puna húmeda del presente estudio. La FH tuvo el mismo comportamiento que el DF con relación a la edad, presentando las alpacas DL una menor finura (18.65 μm) que las alpacas BLL (25.29 μm ; $p < 0.05$), valores que concuerdan con los reportados por Vásquez *et al.* (2015). Por otro lado, las alpacas macho (21.48 μm) presentaron una mejor FH que las hembras (22.37 μm), lo cual podría ser atribuida al mayor grado de selección y mejoramiento genético al cual son sometidos los machos con el objetivo de utilizarlos como reproductores.

Índice de curvatura (IC)

El índice de curvatura o el grado de ondulación de la fibra (rizo) con relación a la zona agroecológica fue similar en las dos zonas (Cuadro 3). En el presente trabajo, las alpacas de las dos zonas se muestran genéticamente superiores para esta característica debido a una mejor selección y crianza tecnificada. Siguayro (2009) en Lampa reportó valores de menor calidad (54.70 Dg/mm) para los machos en comparación con las hembras (54.01 Dg/mm), mientras que Quispe *et al.* (2021) en Puna húmeda encuentra un valor de 37.77 Dg/mm en machos y 37.92 en hembras.

Respecto al sexo, las hembras mostraron un mayor IC frente a los machos ($p < 0.05$). Asimismo, el IC de las hembras en Puna húmeda fue de 39.77 y de machos de 38.91 Dg/mm, en tanto que en Puna seca fue de 40.75 en hembras y de 40.35 Dg/mm en machos (Cuadro 4). Por su parte, Ormachea *et al.* (2015) encontraron un IC en hembras de 42.34 Dg/mm y en machos de 42.26 Dg/m, mientras que Lupton *et al.* (2006) reportaron valores de 33.4 Dg/mm para hembras y de 32.8 Dg/mm para machos, indicando que no hubo diferencias significativas por efecto del sexo.

La edad respecto al IC (Cuadro 5) indica una tendencia al aumento en las alpacas DL y 2D, llegando a un punto máximo al alcanza los 4D (42.72 Dg/mm), que es la edad donde mejor se muestra la característica de rizo. El comportamiento del IC según edad y zona agroecológica es similar tanto en Puna seca como en Puna húmeda. En Australia se encontró que la edad no afecta el IC en alpacas Huacaya a diferencia de las alpacas Suri, donde la curvatura de la fibra fue el doble de los registrados para edades de dos o más años (McGregor, 2006). El trabajo de Ormachea *et al.* (2015) en alpacas de Carabaya, Puno, demostró igualmente que la edad de la alpaca no influye en la variación del índice de curvatura.

Correlaciones

Se aprecia una correlación positiva de intensidad baja ($r=0.36$) entre el diámetro de fibra y la finura al hilado (Cuadro 6), indicando una relación directa para estas dos características. Roque y Ormachea (2018) reportaron, asimismo, una correlación positiva de intensidad alta (0.75), al igual que Vásquez *et al.* (2015) de 0.99. En el presente estudio, la intensidad baja sería producto del coeficiente de variabilidad para obtener la finura al hilado, lo cual estaría condicionado a la uniformidad de la fibra de alpaca en todo el vellón.

La correlación negativa de intensidad baja de -0.35 entre el diámetro de fibra y el índice de curvatura, indica una relación inversa entre estas características. Es probable que se encuentren alpacas con fibra fina que hayan sido sometidas a procesos de mejoramiento genético durante mucho tiempo, pero referidos solamente a la finura de fibra, sin considerar características productivas importantes como la densidad de fibra, la uniformidad y la presencia de rizos. Por otro lado, Melo (2007) demostró que, para diferentes especies, el grado de curvatura de fibra es mayor cuando menor es el diámetro de fibra. Otros autores se suman a ello indicando que el índice de curvatura guarda cierta relación

con el diámetro de fibra, es decir el grado de curvatura se incrementa cuando disminuye en diámetro de la fibra (Holt, 2006).

CONCLUSIONES

- Los valores de Diámetro de fibra se encontraron en el rango de 13.3 a 34.5 μm (media: 20.32 μm).
- La edad y el sexo inciden en el Diámetro de fibra. Las alpacas boca llena registraron mayor Diámetro de fibra frente a las alpacas dientes de leche, y los machos presentaron un menor Diámetro de fibra en comparación con las hembras.
- Se identificaron interacciones significativas entre la zona agroecológica (Puna húmeda y Puna seca) con el Diámetro de fibra, Desviación estándar del Diámetro de fibra, Coeficiente de variación del diámetro de fibra, Finura al hilado, Índice de curvatura y Desviación estándar del índice de curvatura.

LITERATURA CITADA

1. **Aguilar H, Gustavo R, Wurzinger, M. 2019.** Parámetros genéticos de caracteres asociados a la uniformidad del diámetro de fibra en alpacas Huacaya en Puno, Perú. *Rev Inv Vet Perú* 30: 1150-1157. doi:10.15381/rivep.v30i3.15370
2. **Berolatti GR. 2021.** Característica geográfica de fibra de alpaca en el departamento de Puno. *Rev Inv Cient Ing* 3:13-18. doi:10.47190/nric.v3i3.1
3. **Braga W, Leyva V, Cochran R. 2007.** The effect of altitude on alpaca (*Lama pacos*) fiber production. *Small Ruminant Res* 68: 323-328. doi: 10.1016/j.smallrumres.2005.11.008
4. **Bustinza AV, Burfening PJ, Blackwell R L. 1988.** Factors affecting survival in young alpacas (*Lama pacos*). *J Anim Sci* 66: 1139-1143. doi:10.2527/jas1988.665-1139x

5. **Bustinza AV. 2001.** La alpaca. Conocimiento del gran potencial andino. Puno: Oficina de Recursos del Aprendizaje, Universidad Nacional del Altiplano. 495 p.
6. **Calsin B. 2017.** Determinación del efecto de la variación ecológica y épocas del año en la calidad de fibra de alpacas de la raza Suri en los CIPs Chuquibambilla y La Raya. Tesis Doctoral. Puno: Univ. Nacional del Altiplano. 153 p.
7. **Cordero FA, Contreras PJ, Mayhua MP, Jurado EM, Castrejón VM. 2011.** Correlaciones fenotípicas entre características productivas en alpacas Huacaya. *Rev Inv Vet Peru* 22: 15-21.
8. **Contreras A, Quispe EC. 2010.** Estructura cuticular y características físicas de la fibra de alpaca Huacaya (*Vicugna pacos*) de color blanco en la Región de Huancavelica. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Huancavelica, Perú: Univ. Nacional de Huancavelica. 90 p.
9. **Cruz A, Morante R, Gutiérrez J P, 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
10. **Díaz J. 2014.** Principales características de la fibra de alpacas Huacaya y Suri del sector Chocomaquilla-Carabaya. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista. Puno: Univ. Nacional del Altiplano. 56 p.
11. **[DRA Puno] Dirección Regional de Agricultura Puno. 2008.** Plan estratégico regional del sector agrario de Puno 2009-2015. [Internet]. Disponible en: https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/conocenos/transparencia/planes_estrategicos_regionales/puno.pdf
12. **[FAO] Food and Agricultural Organization of the United Nations. 2008.** Pro-poor livestock policy and institutional change. Case studies from South Asia, the Andean Region and West Africa. [Internet]. Available in: <https://www.fao.org/3/i0495e/i0495e.pdf>
13. **Franco FF, San Martín FH, Ara MG, Olazabal JL, Carcelén FC. 2009.** Efecto del nivel alimenticio sobre el rendimiento y calidad de fibra en Alpacas. *Rev Inv Vet Perú* 20: 187-195.
14. **Frank E N, Hick MVH, Gauna CD, Lamas HE, Renieri C, Antonini M. 2006.** Phenotypic and genetic description of fibre traits in South American domestic camelids (llamas and alpacas). *Small Ruminant Res* 61: 113-129. doi: 10.1016/j.smallrumres.2005.07.00
15. **Holt CM. 2006.** A survey of relationships of crimp frequency, micron, character and fibre curvature. [Internet]. Available in: <https://www.bas-uk.com/wp-content/uploads/2021/06/2006-curvature-crimp-research-paper.pdf>
16. **Huanca T, Apaza N, Lazo A. 2007.** Evaluación del diámetro de fibra en alpacas de las comunidades de los distritos de Cojata y Santa Rosa – Puno. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. [Internet]. Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_de_camelidos/Alpacas/142-HUANCA-Diametro.pdf
17. **Huanca T. 2019.** Manual del Alpaquero. Lima, Perú: Instituto Nacional de Investigación Agraria. 155 p.
18. **[INIA] Instituto Nacional de Innovación Agraria. 2020.** MINAGRI mejora producción alpaquera con embriones de calidad genética. [Internet]. Disponible en: <https://www.inia.gob.pe/2020-nota-087/>
19. **Iñiguez L, Mueller JP, Ombayev A, Aryngazyev S, Yusupov S, Ibragimov A, Suleimenov M, et al. 2014.** Characterization of camel fibers in regions of Kazakhstan and Uzbekistan. *Small Ruminant Res* 117: 58-65. doi: 10.1016/j.smallrumres.2013.11.018
20. **Khan MJ, Abbas A, Ayaz M, Naeem M, Saleem M, Hussain M. 2012.** Factors affecting wool quality and quantity in sheep. *Afr J Biotechnol* 11: 13761-13766. doi: 10.5897/ajbx11.064

21. **Josse C, Cuesta F, Navarro G, Barrena V, Cabrera E, Chacón-Moreno E, Ferreira W, et al. 2009.** Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. [Internet]. Disponible en: <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/39336>
22. **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
23. **León C. 2020.** Anuario estadístico: producción ganadera y avícola 2020. Sistema Integrado de Estadística Agraria. Ministerio de Agricultura y Riego.
24. **Lupton CJ, McColl A, Stobart RH. 2006.** Fiber characteristics of the Huacaya alpaca. *Small Ruminant Res* 64: 211-224. doi: 10.1016/j.smallrumres.2005.04.023
25. **Machaca V, Bustinza AV, Corredor FA, Paucara V, Quispe EE, Machaca, R. 2017.** Fiber characteristics of Huacaya alpaca at Cotaruse, Apurímac, Perú. *Rev Inv Vet Perú* 28: 843-851. doi: 10.15381/rivep.v28i4.13889
26. **McGregor BA, 2006.** Production, attributes and relative value of alpaca fleeces in southern Australia and implications for industry development. *Small Ruminant Res* 61: 93-111. doi: 10.1016/j.smallrumres.2005.07.001
27. **McGregor BA. 2003.** Influence of nutrition, fibre diameter and fibre length on the fibre curvature of cashmere. *Aust J Exp Agr* 43: 1199-1209. doi: 10.1071/EA01178
28. **McGregor BA, Butler KL. 2004.** Sources of variation in fibre diameter attributes of Australian alpacas and implications for fleece evaluation and animal selection. *Aust J Agr Res* 55: 433-442. doi: 10.1071/AR03073
29. **Melo C. 2007.** Diámetro de fibra en alpacas Huacaya ganadoras en ocho ferias agropecuarias y su relación con el porcentaje de médula y número de rizos. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista, Puno, Perú: Univ. Nacional del Altiplano. 89 p.
30. **[MINAGRI] Ministerio de Agricultura y Riego. 2019.** Potencial productivo y comercial de la alpaca. [Internet]. Disponible en: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/423423/potencial_productivo_comercial_de_la_alpaca.pdf
31. **[MINAGRI] Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. 2021.** Perú se mantiene como primer exportador de fibra de alpaca en el mundo por su alta calidad. Noticias. [Internet]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/348402-peru-se-mantiene-como-primer-exportador-de-fibra-de-alpaca-en-el-mundo-por-su-alta-calidad>
32. **Montes M, Quicaño I, Quispe R, Quispe E, Alfonso L. 2008.** Quality characteristics of Huacaya alpaca fibre produced in the Peruvian Andean Plateau region of Huancavelica. *Span J Agric Res* 6: 33-38. doi: 10.5424/sjar/2008061-5258
33. **Morante R, Goyache F, Burgos A, Cervantes I, Péres-Cabal MA, Gutiérrez JP. 2009.** Genetic improvement for alpaca fibre production in the Peruvian Altiplano: the Pacamarca experience. *Anim Genet Resour Inform* 45: 37-43.
34. **Ormachea E, Calsín B, Olarte U. 2015.** Características textiles de la fibra en alpacas Huacaya del distrito de Corani, Carabaya, Puno. *Rev Investig Altoandin* 17: 215-220. doi: 10.18271/ria.2015.115
35. **Quispe JE, Zúñiga EA, Uberto C. 2021.** Características físicas y perfil de diámetro de fibra de alpacas del Centro Experimental La Raya (Puno, Perú), según edad y sexo. *Rev Inv Vet Perú* 32: e20004. doi: 10.15381/rivep.v32i2.-20004
36. **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.
37. **Quispe E, Poma A, Purroy A. 2013.** Características productivas y textiles de la fibra de alpacas de raza huacaya. Rev Complut Cienc Vet 7: 1-29.
 38. **Ramos-De la Riva VA, Mamani R. 2019.** Caracterización fenotípica de la fibra de alpaca en la región Apurímac. Rev Inv Escuela Posgrado 8: 1272-1285. doi: 10.26788/riepg.2019.4.146
 39. **R Core Team. 2020.** R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [Internet]. Disponible en: <https://www.R-project.org/>
 40. **Rocha O, Sáez C. 2003.** Uso pastoril en humedales altoandinos. Talleres de capacitación para el manejo integrado de los humedales altoandinos de Argentina, Bolivia, Chile y Perú. sitio Ramsar - Lago Titicaca, Huarina. La Paz, Bolivia: Ministerio de Desarrollo Sostenible y de Planificación. 196 p.
 41. **Ruiz de Castilla M. 2004.** Genética y mejoramiento de los animales domésticos. Cusco, Perú: Ed Universitaria Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. p 286.
 42. **Rolando JL, Turin C, Ramírez DA, Mares V, Monerris J, Quiroz R. 2017.** Key ecosystem services and ecological intensification of agriculture in the tropical High-Andean Puna as affected by land-use and climate changes. Agric Ecosyst Environ 236: 221-233. doi: 10.1016/j.agee.2016.12.010
 43. **Roque LA, Ormachea E. 2018.** Características productivas y textiles de la fibra en alpacas Huacaya de Puno, Perú. Rev Inv Vet Perú 29: 1325-1334. doi: 10.15381/rivep.v19i4.14117
 44. **Russel AJ, Redden HL. 1997.** The effect of nutrition on fibre growth in the alpaca. Anim Sci 64: 509-512. doi: 10.1017/S1357729800016131
 45. **Rutnis O, Gómez O E, Quispe PE. 2015.** Características tecnológicas de la fibra blanca de alpaca Huacaya en la zona altoandina de Apurímac. Rev Inv Vet Perú 26: 213-222. doi: 10.15381/rivep.v26i2.11020
 46. **Siguayro R. 2010.** Comparación de las características físicas de las fibras de la llama ch'aku (*Lama glama*) y la alpaca Huacaya (*Lama pacos*) del centro experimental Quimsachata del INIA, Puno. Perú. Tesis de Maestría. Lima, Perú: Univ. Nacional Agraria La Molina. 88 p.
 47. **Vásquez OR, Gómez-Quispe OE, Quispe PE. 2015.** Características tecnológicas de la fibra blanca de alpaca Huacaya en la zona altoandina de Apurímac. Rev Inv Vet Perú 26: 213-222. doi: 10.15381/rivep.v26i2.11020
 48. **Velarde OJ. 2011.** Diámetro de fibra y porcentaje de pelos de alpacas hembras de raza Suri. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista. Puno, Perú: Univ. Nacional del Altiplano. 56 p.
 49. **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
 50. **Zúñiga, EA, Chambi SC, Carbajal CC, Meléndez FR, Figueroa IT, Viveiros WY, Coaquira JE. 2021.** Valores económicos relativos para caracteres de finura en fibra de alpacas de la Región Puno. Rev Inv Vet Perú 32: e20936. doi: 10.15381/rivep.v32i4.20936