

Efecto de la edad y estado fisiológico reproductivo en el perfil del diámetro de la fibra en alpacas Huacaya

Effect of age and physiological reproductive status on the fibre diameter profile in Huacaya alpacas

Ceferino Uberto Olarte Daza^{1,2,3}

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo determinar el efecto de la edad y estado reproductivo en el perfil de la fibra en alpacas Huacaya hembra de Puno, Perú. Se consideró la edad (joven, adulta menor, adulta mayor y vieja) y estado reproductivo (lactante preñada, lactante vacía, preñada sin cría al pie y vacía sin cría al pie). Después de un año de crecimiento de fibra se tomaron muestras del costillar medio (5 g) y se analizaron con el equipo analizador óptico de diámetro de fibra (OFDA 2000). Los datos fueron ajustados a una regresión lineal cúbica, y analizados bajo un arreglo factorial de 4x4 conducido en un diseño completamente al azar. La comparación de medias se hizo con la prueba múltiple de Duncan. La edad y el estado reproductivo interaccionan en la presentación del perfil de diámetro de fibra, al igual que en el diámetro mínimo inicial y el diámetro máximo, donde las hembras jóvenes y lactantes preñadas presentan el menor diámetro ($p < 0.05$). El factor edad tuvo efecto significativo sobre el diámetro mínimo final y la tasa de cambio inicial, en tanto que la edad y el estado reproductivo tuvieron efecto sobre la tasa de cambio final del perfil de fibra. En conclusión, el perfil de diámetro de la fibra en alpacas Huacaya hembra muestra un patrón característico en los cambios de diámetro en el transcurso del año, que coincide con la estación de lluvias donde hay cambios importantes de disponibilidad de nutrientes en la pradera andina.

Palabras clave: perfil de diámetro de fibra, alpaca, estado reproductivo, diámetro de fibra

¹ Universidad Nacional de Altiplano, Puno, Perú

² Instituto de Investigación y Promoción de Camélidos Sudamericanos, IIPC, Puno, Perú

³ E-mail: uolarte@hotmail.com

Recibido: 31 de marzo de 2021

Aceptado para publicación: 23 de julio de 2022

Publicado: 31 de agosto de 2022

©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

The study aimed to determine the effect of age and reproductive status on the fibre profile in female Huacaya alpacas from Puno, Peru. Age (young, younger adult, older adult, and old) and reproductive status (pregnant lactating, non-pregnant lactating, pregnant without calf at foot, and non-pregnant without calf at foot) were considered. After one year of fibre growth, samples were taken from the middle rib (5 g) and analysed with the optical fibre diameter analyser (OFDA 2000) equipment. The data were fitted to a cubic linear regression and analysed under a 4x4 factorial in a completely randomized design. Means were compared using the Duncan's multiple test. Age and reproductive status interact in the presentation of the fibre diameter profile, as well as the minimum initial diameter and the maximum diameter, where young and pregnant lactating present the smallest diameter ($p < 0.05$). The age factor had a significant effect on the final minimum diameter and the initial rate of change, while age and reproductive status influenced the final rate of change of the fibre profile. In conclusion, the fibre diameter profile in female Huacaya alpacas shows a characteristic pattern in diameter changes over the course of the year, which coincides with the rainy season when there are important changes in nutrient availability in the Andean prairie.

Key words: fibre diameter profile, alpaca, reproductive state, fibre diameter

INTRODUCCIÓN

En los Andes peruanos, la crianza de alpacas aporta ingresos económicos para el sostenimiento de las familias pastoriles por la producción de fibra, la cual se utiliza para la confección de prendas de vestir de alta calidad que demanda la moda internacional. En este sentido, el diámetro promedio de la fibra es una propiedad importante que influye en el rendimiento de los hilados y las propiedades de la tela, dado que la rigidez del hilo aumenta con el diámetro de la fibra, pero mejora la resistencia a la formación de bolita (Lupton *et al.*, 2006). Por otro lado, las diferencias de resistencia de la fibra se pueden explicar mediante los perfiles de diámetro de fibra (Peterson *et al.*, 2000). Asimismo, el aumento de diámetro influye negativamente en el precio de la fibra y, en consecuencia, el retorno económico para el criador de la alpaca se ve disminuido (McGregor, 2006).

La alimentación básica de las alpacas está basada en la producción de pastos en la pradera andina, donde la estacionalidad de la precipitación marca dos épocas definidas: la lluviosa (noviembre – abril) caracterizado por la mayor precipitación, benignidad del clima y producción de biomasa vegetal, y la época seca (mayo – octubre), más prolongada, con ausencia de lluvias, mayor severidad del clima y depresión de la producción de pastos naturales (Calsin, 2017; Quispe, 2018). Los efectos ambientales influyen en el perfil de diámetro de fibra a lo largo de la mecha. La variación de este carácter es de utilidad como criterio de selección en los programas de mejoramiento en ovinos Merino para mejorar la calidad y resistencia de la lana (Smith *et al.*, 2006), experiencia que se podría replicar en alpacas y utilizar en la selección de reproductores para mejorar la finura de la fibra. Por otro lado, se ha demostrado que la altitud no influye en el diámetro de la fibra de la alpaca (Braga *et al.*, 2007).

El diámetro medio de la fibra, característica de importancia económica, es el más condicionado por los efectos ambientales, debido a que los cambios en el diámetro de fibra durante el año de crecimiento expresan distintas mensuraciones a lo largo de la mecha. Esto guarda relación con la disponibilidad de nutrientes en la pradera andina, y cuya configuración se denomina perfil del diámetro de fibra (Brown *et al.*, 1999). Dicho perfil se utiliza para describir los cambios a lo largo de la mecha y la ubicación de los diámetros mínimo y máximo dentro de la mecha.

Se dispone de diversos trabajos de investigación sobre las características textiles de la fibra de la alpaca; empero, son escasos los reportes acerca del perfil de diámetro de la fibra. Existen algunos avances reportados por Ccucho *et al.* (2018) en vicuñas de un año y por Olarte *et al.* (2014) en alpacas Suri; asimismo, Denney (1990) y Brown *et al.* (1999) manifiestan que los perfiles de diámetro de fibra (PDF) sirven para examinar la forma en que cambia el diámetro de fibra durante el período de crecimiento. Por otro lado, diferencias significativas en la variación de diámetro, a lo largo de la fibra, han sido observados en ovinos entre individuos, entre la progenie de diferentes padres y entre líneas genéticas (Adams y Biegel, 1998; Brown *et al.*, 1999, 2000), reportes que tratan de señalar que el perfil de diámetro de las fibras de lana tiene origen genético.

En tal virtud, el presente estudio tuvo como objetivo determinar el efecto de la edad y el estado fisiológico reproductivo en el perfil de diámetro de fibra en alpacas hembra de la raza Huacaya del Centro Experimental La Raya.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del Estudio

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el Centro Experimental (CIP) La Raya, ubicado en el distrito de Santa Rosa,

provincia de Melgar, Región Puno, Perú, a una altitud entre 4000 y 5000 m. Se distinguen dos épocas marcadas en el año: la primera con presencia de lluvias (diciembre a abril) y la segunda de seca y más extensa (mayo a noviembre), con presencia de fuertes heladas y temperaturas que fluctúan entre -15 °C en la noche y +10 °C en el día. En estas condiciones, la magnitud de la precipitación pluvial determina las condiciones de los pastizales naturales, sobre las cuales las alpacas crecen y desarrollan sus aptitudes productivas de fibra y carne; sin embargo, cabe indicar que las alpacas madres lactantes y lactante preñada estuvieron pastoreando pastos cultivados y naturales durante los meses de enero a marzo.

Animales

El estudio se realizó con alpacas hembra de la raza Huacaya del CIP La Raya. Las alpacas fueron elegidas al azar en el momento de la esquila según edad y estado reproductivo (Cuadro 1). Por edad se consideraron las clases: *madres jóvenes* (de 3 a 4 años), *madres adultas menor* (5 a 6 años), *madres adultas mayor* (7 a 8 años) y *madres viejas* (9 a 10 años), por estado fisiológico reproductivo se formaron los grupos: *Lactante preñada* (madres preñadas con cría hasta el destete), *Lactante* (madres no preñadas con cría hasta el destete), *Preñada* (madres gestantes sin cría) y *Vacía* (madres no gestantes y sin cría).

Muestras

El periodo de crecimiento de fibra con fines de esta evaluación comprendió un año. El muestreo de fibra se realizó durante la esquila mes de octubre de 2019. Las muestras de fibra (5 g) fueron tomadas de la región costillar medio del lado derecho, teniendo en cuenta la recomendación de Aylan-Parker y McGregor (2002). Las muestras de fibra fueron analizadas en el Laboratorio de Fibras del Proyecto Especial de Camélidos Sudamericanos de la región Puno utilizando el equipo OFDA 2000.

Cuadro 1. Número de alpacas muestreadas para el estudio, por edad y estado fisiológico reproductivo

Estado reproductivo	Edad de las madres, en años				Total
	Jóvenes (3 a 4)	Adulta menor (5 a 6)	Adulta mayor (7 a 8)	Vieja (9 a 10)	
Lactante preñada	11	33	33	25	102
Lactante	6	24	20	11	61
Preñada	30	18	20	13	81
Vacía	30	27	29	20	106
Total	77	102	102	69	350

El equipo OFDA 2000 fue calibrado utilizando muestras de fibra sucia. Para determinar los valores del perfil de fibra de cada muestra fue depositada en dirección longitudinal sobre una rejilla del equipo. Se realizaron mediciones de diámetro sobre 100 a 150 fibras en secciones transversales de mechas de fibra de alpaca cada 5 mm hasta recorrer toda su longitud. Con la secuencia de mediciones correspondientes a cada mecha se obtuvo el perfil de diámetro de fibra (PDF).

Los diámetros mínimos y máximos a lo largo de la mecha fueron determinados de la siguiente manera: el valor de diámetro mínimo inicial (Min1) descontando 5 mm de la punta de la mecha al punto de diámetro máximo (Max), y el diámetro mínimo final (Min2) entre el diámetro Max, a 5 mm de la base de mecha. Los valores fueron ajustados según la pendiente entre los respectivos diámetros máximos y mínimos para estimar las tasas de cambio. Se determinó una tasa de cambio de diámetro entre el Min1 y el Max y una segunda tasa de cambio entre el Max y el Min2. El cálculo de las tasas de cambio inicial (TC1) y la tasa de cambio final (TC2) fue igual al valor de la diferencia entre el diámetro máximo y el diámetro mínimo dividido por el valor de la distancia que separa ambas distancias.

Análisis Estadístico

Los efectos considerados en el modelo fueron edad y estado reproductivo. Los datos fueron analizados en un diseño completamente aleatorio, conducido bajo un arreglo factorial de 4 x 4. El nivel de significación para la comparación de medias se hizo a través de la prueba múltiple de Duncan. El modelo estadístico lineal fue $Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$. Para el estimado de los valores del perfil de fibra los valores fueron previamente ajustados por regresión lineal cúbico $Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \beta_3 X^3$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diámetro Promedio de la Fibra

El diámetro promedio de la fibra (DPF) de alpaca Huacaya según edad y estado fisiológico reproductivo conformado por las medidas originales presentó gran variabilidad, tanto en el diámetro como en el crecimiento de la fibra. En general, la forma de los perfiles no fue lineal, de modo que no se pueden comparar entre sí. Ante eso, los resultados se describen por diámetro medio, diámetro máximo y mínimo, y tasa de cambio.

Cuadro 2. Diámetro promedio de fibra por edad y estado fisiológico reproductivo en alpacas hembra Huacaya

Edad	Estado reproductivo	n	Media (µm)	Error estándar
Joven	Lactante	6	24.625 ^{bcd}	0.371
Joven	Lactante preñada	11	22.224 ^a	0.838
Joven	Preñada	30	23.147 ^{ab}	0.448
Joven	Vacía	30	24.842 ^{bcd}	0.513
Adulta menor	Lactante	24	24.043 ^{abcd}	0.610
Adulta menor	Lactante preñada	33	24.499 ^{bcd}	0.553
Adulta menor	Preñada	18	23.538 ^{abc}	0.676
Adulta menor	Vacía	27	24.653 ^{bcd}	0.532
Adulta mayor	Lactante	20	25.635 ^{cdef}	0.565
Adulta mayor	Lactante preñada	33	26.052 ^{def}	0.479
Adulta mayor	Preñada	20	27.309 ^f	0.590
Adulta mayor	Vacía	29	25.642 ^{cdef}	0.487
Vieja	Lactante	11	24.212 ^{abcd}	0.575
Vieja	Lactante preñada	25	26.416 ^{ef}	0.648
Vieja	Preñada	13	27.181 ^f	0.876
Vieja	Vacía	20	27.045 ^f	0.435

Superíndices diferentes indican diferencia estadística ($p < 0.0112$)

Los valores de DPF se presentan en el Cuadro 2. La edad y el estado fisiológico reproductivo influyen de manera conjunta sobre el diámetro medio del perfil de fibra. Así, se evidencia que las jóvenes (3-4 años) en lactación y preñadas presentaron el menor diámetro de fibra ($22.22 \pm 2.78 \mu\text{m}$) en comparación de las demás combinaciones; en cambio, las adultas mayores y preñadas mostraron el mayor diámetro ($27.309 \pm 0.590 \mu\text{m}$), aunque diferencias estrechas a otros grupos y no siempre con diferencias significativas.

El menor DPF de las jóvenes lactantes y preñadas se debe probablemente a que se encuentran en crecimiento, tal como ha sido descrito en llamas (Wurzinger *et al.*, 2005). Sin duda, las madres jóvenes tienen mayores requerimientos nutricionales y la deficiencia

de estos probablemente se expresan en el menor diámetro. Este resultado se presenta igualmente en las madres jóvenes y adultas menores preñadas que muestran menor DPF respecto a las madres adultas y viejas. En consecuencia, bajos las mismas condiciones de manejo, las madres jóvenes en estados fisiológicos de lactación y preñez son más susceptibles a cambios en el DPF.

El DPF a lo largo de la mecha no permaneció constante. Se produjeron ligeros aumentos de diámetro o de marcada disminución en diversos momentos del año, siendo más pronunciado en algunos animales. Estas variaciones de diámetro se atribuyen en parte a factores de naturaleza genética, pero también confluyen factores ambientales, tal como reportan Sacchero y Mueller (2007) en ovinos.

Cuadro 3. Diámetro promedio máximo de fibra por edad y estado reproductivo en alpacas hembra Huacaya

Edad	Estado reproductivo	n	Media (μm)	Error estándar
Joven	Lactante	6	25.678 ^{bcd}	0.483
Joven	Lactante preñada	11	23.124 ^a	0.843
Joven	Preñada	30	24.213 ^{ab}	0.455
Joven	Vacía	30	25.811 ^{bcd}	0.465
Adulta menor	Lactante	24	25.042 ^{abcd}	0.629
Adulta menor	Lactante preñada	33	25.620 ^{bcd}	0.586
Adulta menor	Preñada	18	24.572 ^{abc}	0.704
Adulta menor	Vacía	27	25.879 ^{bcd}	0.541
Adulta mayor	Lactante	20	26.692 ^{cdefg}	0.592
Adulta mayor	Preñada	33	27.257 ^{defg}	0.507
Adulta mayor	Preñada	20	28.729 ^g	0.654
Adulta mayor	Vacía	29	26.871 ^{cdefg}	0.584
Vieja	Lactante	11	25.483 ^{bcd}	0.647
Vieja	Lactante preñada	25	27.649 ^{efg}	0.752
Vieja	Preñada	13	28.543 ^g	0.902
Vieja	Vacía	20	27.903 ^{fg}	0.501

Superíndices diferentes indican diferencia estadística ($p < 0.0213$)

En dicha perspectiva, los resultados del presente estudio difieren en su concepción, ya que los reportes de Sacchero *et al.* (2010, 2011) en ovinos, Olarte *et al.* (2014) en alpaca suri; Machaca *et al.* (2017) indican que el efecto de la edad y estado reproductivo se comportan de manera independiente en la expresión del DPF. Esta controversia es probablemente debida a la metodología de cálculo, especie, raza, grado de selección, o tal vez como consecuencia en los cambios de la dieta (Sacchero y Mueller, 2007). Por su parte, Poma y Ventura (2009) señalan que el DPF en alpacas de la sierra central que el factor edad se comporta de manera independiente del factor reproductivo, en tanto que Cruz *et al.* (2017) coinciden al indicar que el diámetro aumenta con la edad y que las hembras lactantes preñadas tienen el menor diámetro; aseveraciones diferentes a los resultados del

presente estudio, el factor edad interactúa con el estado fisiológico reproductivo (Cuadro 2).

Diámetro Máximo de la Fibra

El DMax se expresó en promedio a 31.64 mm de la punta de la mecha e indistintamente a la edad y el estado fisiológico reproductivo. Asimismo, en este estudio, el DMax se ubica en la época de lluvias, que corresponde a una mayor disponibilidad de pastos verdes y con mejor nivel de nutrientes, respuesta muy similar a lo que ocurre en ovinos (Sacchero *et al.*, 2010).

Los valores de DMax demostraron que el efecto edad y estado fisiológico reproductivo se manifiesta en forma conjunta y significativa en todos los casos. Lo más resaltante fue que, las hembras jóvenes lactantes y pre-

ñadas mostraron el menor diámetro ($23.124 \pm 0.863 \mu\text{m}$) frente a las madres adultas preñadas, las cuales presentaron los DMax mayores ($28.728 \pm 0.654 \mu\text{m}$), aunque a veces con diferencias estrechas a otros grupos y no siempre con diferencias significativas. (Cuadro 3). Estos resultados difieren de lo indicado por Sacchero *et al.* (2012), quienes no reportan interacción entre la edad y estado fisiológico reproductivo; sin embargo, al analizar de manera separada el efecto de estos factores en las ovejas viejas de hembras que no destetaron un cordero, estos investigadores (Sacchero *et al.*, 2010) demuestran el aumento significativo en el perfil de DMax, atribuyendo a momentos de mayor oferta forrajera y menores requerimientos, lo cual, en cierta forma se asemeja a los resultados del presente estudio.

Diámetro Mínimo Inicial de la Fibra

El DMin1 se encuentra próximo al final de la mecha que corresponde al inicio del experimento, después de la esquila entre los meses de noviembre y diciembre; es decir, se asocia al periodo de transición de la época seca a la lluviosa, donde los pastos naturales están por reiniciar un nuevo ciclo fenológico.

El DMin1 mostró que los factores edad y estado fisiológico interactúan significativamente en todos los casos, presentando el menor valor las hembras jóvenes lactantes preñadas ($21.746 \pm 0.786 \mu\text{m}$) en tanto que las adultas mayores preñadas, viejas vacías y viejas preñadas (26.075 ± 0.575 , 25.879 ± 0.530 y $25.839 \pm 0.809 \mu\text{m}$, respectivamente, presentaron los valores mayores (Cuadro 4), aunque con pequeñas diferencias entre grupos.

La interacción del factor edad con el estado fisiológico reproductivo sobre el DMax probablemente se debe a las mejores condiciones disponibilidad de pastos en la pradera andina en el primer tramo de crecimiento de la fibra, pues las alpacas accedieron a los pastos cultivados durante los primeros me-

ses de la lactación y gestación, la cual buscan compensar los requerimientos nutricionales de las madres. En cambio, el grupo de alpacas vacías y preñadas de todas las edades accedieron a los pastos naturales. El DMin1 está ubicado en el tramo de crecimiento que corresponde a la época de inicio de las precipitaciones pluviales donde la calidad de los alimentos paulatinamente va mejorando, y estas condiciones hacen que probablemente haya una relación entre la edad y la condición fisiológica reproductiva.

En síntesis, las diferencias en los DMax y DMin guardan relación con la estacionalidad de la producción de pastos en la pradera andina, una época lluviosa con mayor producción de pastos que ocasiona aumento el diámetro de fibra y otra seca con depresión en la producción del pastizal determina el afinamiento de la fibra (Bustinza, 2001; Quispe *et al.*, 2016).

Diámetro Mínimo Final de Perfil de la Fibra

El DMin2, se ubicó próximo a la base de la mecha que corresponde a la época seca, la cual se caracteriza por la escasa disponibilidad de nutrientes, en cantidad y calidad. El DMin2 guarda relación directa con la edad y estado fisiológico reproductivo de manera independiente. En este sentido, se observa que las hembras jóvenes y adultas menores tuvieron menores diámetros que las adultas mayores y viejas ($p < 0.05$); asimismo, las lactantes preñadas ($22.505 \pm 0.346 \mu\text{m}$) presentaron un menor diámetro frente a las vacías ($23.464 \pm 0.267 \mu\text{m}$) (Cuadro 5). El incremento del DMin2 con la edad fue similar al reportado en ovinos (Sacchero *et al.*, 2010).

Los valores promedios de DMin2 fueron menores a los DMin1, siendo el primero correspondiente al segundo periodo de crecimiento después del DMax, que corresponde a la época de baja temperatura y escasa disponibilidad de forraje.

Cuadro 4. Diámetro mínimo inicial del perfil de fibra según edad y estado fisiológico reproductivo en alpacas hembra Huacaya

Edad	Estado reproductivo	n	Media (µm)	Error estándar
Joven	Lactante	6	23.948 ^{bcd}	0.305
Joven	Lactante preñada	11	21.746 ^a	0.786
Joven	Preñada	30	22.869 ^{ab}	0.492
Joven	Vacía	30	23.962 ^{bcd}	0.516
Adulta menor	Lactante	24	23.562 ^{abcd}	0.592
Adulta menor	Lactante preñada	33	24.248 ^{bcd}	0.574
Adulta menor	Preñada	18	23.142 ^{abc}	0.770
Adulta menor	Vacía	27	23.961 ^{bcd}	0.508
Adulta mayor	Lactante	20	25.251 ^{cde}	0.645
Adulta mayor	Lactante Preñada	33	25.485 ^{de}	0.488
Adulta mayor	Preñada	20	26.075 ^e	0.575
Adulta mayor	Vacía	29	24.698 ^{bcd}	0.437
Vieja	Lactante	11	22.966 ^{ab}	0.672
Vieja	Lactante preñada	25	25.718 ^{de}	0.646
Vieja	Preñada	13	25.839 ^e	0.809
Vieja	Vacía	20	25.879 ^e	0.530

Superíndices diferentes indican diferencia estadística ($p < 0.0362$)

Cuadro 5. Diámetro mínimo final en el perfil de fibra según edad y estado fisiológico reproductivo en alpacas hembra Huacaya

		n	Prom. ± EE (µm)
Edad	Joven	77	21.835 ^a ± 0.292
	Adulto menor	102	22.102 ^a ± 0.294
	Adulto mayor	102	24.114 ^b ± 0.274
	Vieja	69	24.390 ^b ± 0.349
Estado reproductivo	Lactante preñada	61	22.505 ^a ± 0.346
	Lactante	81	23.018 ^{ab} ± 0.363
	Preñada	102	23.075 ^{ab} ± 0.230
	Vacía	106	23.464 ^b ± 0.267

Superíndices diferentes dentro de edad y dentro de estado reproductivo indican diferencia estadística ($p < 0.0001$)

Cuadro 6. Tasa de cambio en el perfil del diámetro de la fibra de alpacas hembra Huacaya por clase y estado reproductivo ($\mu\text{m}/\text{mm}$)

Clase	n	TC1	TC2
Edad			
Joven	77	0.050 ^b ± 0.0046	-0.070 ^a ± 0.0043
Adulta menor	102	0.060 ^{ba} ± 0.0048	-0.095 ^b ± 0.0045
Adulta mayor	102	0.098 ^a ± 0.0209	-0.097 ^b ± 0.0054
Vieja	69	0.091 ^a ± 0.0075	-0.106 ^b ± 0.0081
Estado reproductivo			
Lactante y preñada	102	0.084 ^a ± 0.0209	-0.102 ^b ± 0.0050
Lactante	61	0.071 ^a ± 0.0066	-0.100 ^{ab} ± 0.0063
Preñada	81	0.068 ^a ± 0.0059	-0.086 ^{ab} ± 0.0072
Vacía	106	0.074 ^a ± 0.0053	-0.084 ^a ± 0.0044

($p < 0.015$) PTC1 = Tasa de cambio ascendente < TC2 = Tasa de cambio descendente

Tasas de Cambio en el Perfil del Diámetro de Fibra

Con base a los parámetros descritos, a lo largo del año de crecimiento de la fibra, se configura el perfil del diámetro de la fibra (PDF), pudiéndose disponer de dos tasas de cambio: TC1 y TC2 (Cuadro 6), los mismos que muestran valores positivos, crecientes desde la punta de la mecha hacia el punto de DMax; y negativos, decrecientes desde el DMax hacia la base de la mecha, respectivamente.

En cuanto a la edad de las alpacas, la TC1 de diámetro de fibra muestra efectos distintos; pues las alpacas viejas (0.091 ± 0.0075) mostraron tasas de cambio superiores con relación a las alpacas jóvenes (0.050 ± 0.0046). En cambio, el estado reproductivo no evidencia diferencias marcadas en la TC1.

Los valores de la tasa de cambio decrecientes en TC2 son contrarios a lo observado en TC1, donde la disminución de diámetro fue significativamente superior en la clase joven (-0.070 ± 0.0043) con relación a las viejas (-0.106 ± 0.0081). Asimismo, el valor

de la TC2 fue significativamente inferior en las hembras lactantes preñadas (-0.102 ± 0.005) que en las vacías (-0.084 ± 0.0044).

De modo general, las tasas de cambio se relacionan con la edad de las alpacas, en tanto que solo la TC2 guarda relación con el estado reproductivo de las alpacas. En sí, las diferencias en las TC expresan los incrementos (positivos) o decrementos (negativos) del diámetro en el perfil de la fibra, las mismas que guardan relación con la disponibilidad de nutrientes. Asimismo, cabe indicar que la TC1 corresponde al periodo corto donde se produce un marcado y rápido aumento del diámetro, mientras que TC2 corresponde a un periodo más amplio en la cual se produce la disminución del diámetro de manera lenta; o sea, los cambios fueron más abruptos antes del DMax.

En el Cuadro 6 se muestran las TC1 del adulto mayor y viejas superior a los jóvenes, en cambio la TC2 de los jóvenes es superior al resto de las clases de mayor edad. Estos resultados son ligeramente inferiores a los reportes de Olarte *et al.* (2014) y Poma *et*

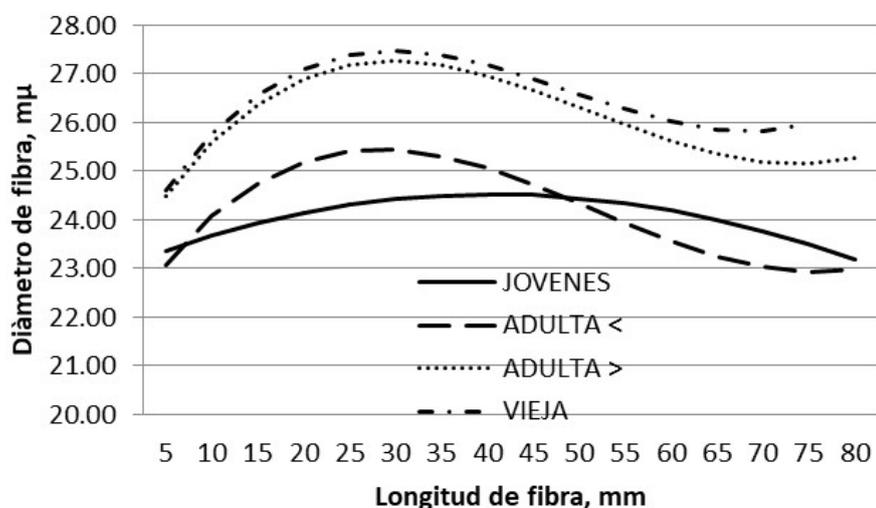


Figura 1. Perfiles de diámetro de fibra de alpacas Huacaya hembras ajustados a una regresión cúbica, según la edad

al. (2009), posiblemente debido a que los primeros trabajaron con alpacas Suri y el segundo con alpacas Huacaya de 1 y 2 años, en medios ecológicos y sistemas de manejo diferentes.

Perfil del Diámetro de Fibra de Alpaca

Las figuras 1 y 2 presentan los perfiles de DPDF fibra para el factor edad y el estado fisiológico reproductivo, respectivamente. En la Figura 1 se observa que las jóvenes y adultas menores expresan la mayor finura de fibra. Asimismo, solo las jóvenes exhiben una curva menos pronunciada; indicando que son menos sensibles a la variación del DPF durante el periodo de crecimiento de la fibra. Asimismo, la expresión del punto máximo de la curva, en las alpacas adultas menor, mayor y viejas ocurren casi al mismo tiempo, en tanto que en las jóvenes ocurre después, posiblemente debido a la mayor tasa de metabolismo de las alpacas jóvenes para aprovechar los nutrientes disponibles en la pradera.

En la Figura 2 no se evidencian manifestaciones pronunciadas como se han presentado por el factor edad; sin embargo, las lactantes preñadas y viejas muestran mayor diámetro de fibra que las lactantes vacías y las preñadas sin cría al pie.

CONCLUSIONES

- El diámetro promedio de perfil de fibra, y los diámetros Max y DMin1 interaccionan con la edad y el estado reproductivo; en cambio, el DMin2 del perfil de la fibra en las alpacas Huacaya hembra solo está influenciado por la edad.
- La edad influye significativamente en la TC1 y TC2 del diámetro en el perfil de la fibra de alpaca mientras que en el TC2 solo el estado reproductivo influye significativamente.

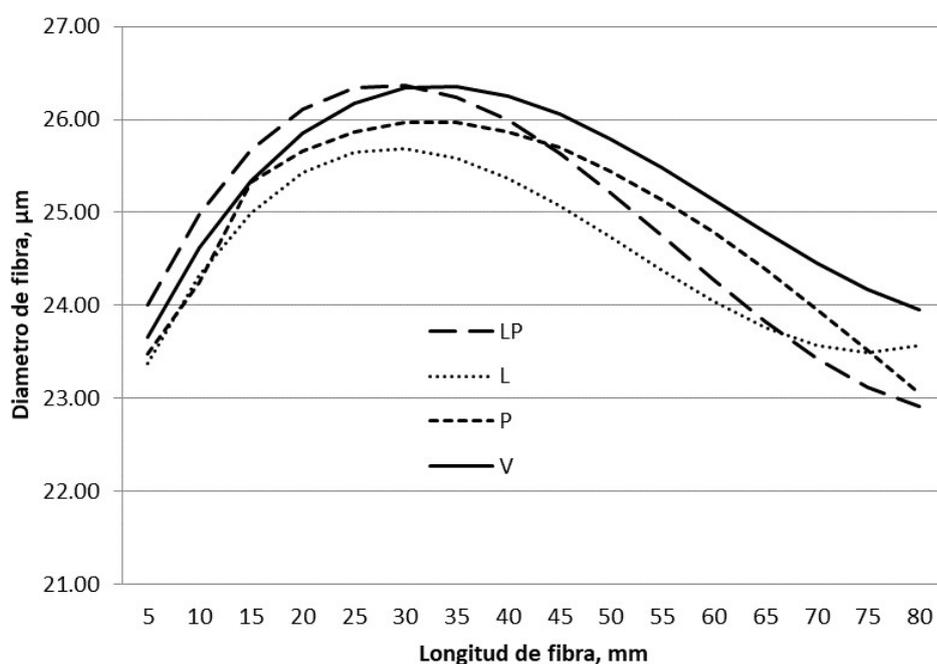


Figura. 2. Perfiles de diámetro de fibra de alpacas ajustados a una regresión cúbica, según el estado reproductivo. *Leyenda:* LP: Lactante preñada, L: Lactante, P: Preñada, V: Vacía

LITERATURA CITADA

1. **Adams NR, Briegel JR. 1998.** Live weight and wool growth responses to a environment in three strains of merino sheep. *Aust J Agric Res* 49: 1187-1193.
2. **Aylan-Parke J, McGregor BA. 2002.** Optimising sampling techniques and estimating variance of fleece quality attributes in alpaca. *Small Ruminant Res* 44: 53-64. doi: 10.1016/S0921-4488-(02)00038-X
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. **Brown DJ, Crook BJ, Purvis IW. 2000.** Variation in fiber diameter profile characteristics between wool staples in Merino sheep. *Wool Tech Sheep Bree* 48: 1-14.
5. **Brown DJ, Crook BJ, Purvis IW. 1999.** Genotype and environmental differences in fiber diameter profile characteristics and their relationship with staple strength in Merino sheep. In: *Proc Assoc Adv Anim Breed Genetics* 13: 274-277.
6. **Bustinza V. 2001.** La alpaca: conocimiento del potencial andino. Libro 1. Puno: Univ. Nacional del Altiplano. 495 p.
7. **Calsin BW. 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, Perú: Univ. Nacional del Altiplano. 122 p.
8. **Ccucho H, Aragon S, Gallegos ML, Condori M, Cabeza U, Ccoise R. 2018.** Perfil de diámetro de la fibra de alpacas Huacaya (*Vicugna pacos*) de primera esquila. En: VIII Congreso Mundial sobre Camélidos. Oruro, Bolivia.

9. **Cruz A, Morante R, Cervantes I, Burgos A, Gutierrez JP. 2017.** Effect of the gestation and lactation on fiber diameter and its variability in Peruvian alpacas. *Livest Sci* 198: 31-36. doi: 10.1016/j.livsci.2017.02.006
10. **Denney GD. 1990.** Phenotypic variance of fiber diameter along wool staples and its relationship with other raw wool characters. *Aust J Exp Agr* 30: 463-467. doi: 10.1071/EA9900463
11. **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
12. **Machaca V, Bustinza AV, Corredor FA, Paucar V, Quispe EE, Machaca R. 2017.** Características de la fibra de alpaca Huacaya de Cotaruse, Apurímac, Perú. *Rev Inv Vet Peru* 28: 843-851. doi: 10.15381/rivep.v28i4.13889
13. **McGregor B A. 2006.** Production, attributes and relative value of alpaca in southern Australia and implications for industry development. *Small Ruminant Res* 61: 93-111. doi: 10.1016/j.smallrumres.2005.07.001
14. **Olarte U, Rojas R, Luque N. 2014.** Perfil de diámetro de fibra en alpacas suri del Centro de Investigación y Producción Chuquibambilla Puno. *ALLPAKA* 18(1): 39-49.
15. **Peterson AD, Gherardi SG, Ellis MR. 2000.** Managing the diameter profile leads to increased staple strength of young Merino sheep shorn in spring in South Western Australia. *Asian Austral J Anim* 13: 469-472. doi: 10.1071/EA04018
16. **Poma A, Ventura C, Quispe E. 2009.** Caracterización del perfil de diámetro de fibra de alpaca Huacaya del CIDCS Lachocc–Huancavelica. Tesis doctoral. Huancavelica, Perú: Univ. Nacional de Huancavelica. 29 p.
17. **Quispe JE, Apaza E, Quispe DM, Morocco N. 2016.** De vuelta a la alpaca: la producción primaria en una perspectiva empresarial y competitiva. Puno, Perú: Univ. Nacional del Altiplano. 450 p.
18. **Quispe JE. 2018.** Efectos biológicos y ambientales sobre las características de producción de carne y fibra de alpacas del CIP Quimsachata - INIA Puno Perú. Tesis Doctoral. Puno, Perú: Univ. Nacional del Altiplano. 224 p.
19. **Sacchero D, Willems P, Mueller JP. 2011.** Perfiles de diámetro de fibra en lanas parto de ovejas Merino. Estudio comparativo de estados fisiológicos. *Rev Argen Prod Anim* 31: 39-50.
20. **Sacchero DM, Willems PM, Mueller JP. 2012.** Perfiles de diámetro de fibra en lanas parto de ovejas Merino. III. Utilización de regresiones P-Spline para estudiar el efecto del estado fisiológico. *Rev Argen Prod Anim* 32: 15-28.
21. **Sacchero DM, Mueller JP. 2007.** Diferencias en el perfil de diámetro, largo de mecha y resistencia a la tracción de la lana, en ovejas de una majada Merino seleccionada y otra no seleccionada. *Rev Invest Agropec* 36: 49-61.
22. **Smith JL, Purvis WI, Lee GJ. 2006.** Fiber diameter profiles potential applications for improving fine wool quality. *Int J Sheep Wool Sci* 54: 170-176.
23. **Wurzinger M, Delgado J, Nurnberg M, Zarate AV, Stemmer A, Ugarte G, Solkner J. 2005.** Growth curves and genetic parameters for growth traits in Bolivian llamas. *Livest Prod Sci* 95: 73-81. doi: 10.1016/j.livprodsci.2004.12.015