

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, PUNO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



**“Evaluación de las características textiles de la fibra de alpacas
Huacaya del Instituto de Investigación y Promoción de Camélidos
Sudamericanos, Puno”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. RUBÉN GIL QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

PUNO – PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

TESIS

“Evaluación de las características textiles de la fibra de alpacas Huacaya del Instituto de Investigación y Promoción de Camélidos Sudamericanos, Puno”

PRESENTADA POR:

Bach. Rubén Gil Quispe

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA



APROBADA POR:

PRESIDENTE

:

Dr. Edgar Apaza Zúñiga

PRIMER MIEMBRO

:

M.Sc. Jesús Esteban Quispe Coaquira

SEGUNDO MIEMBRO

:

MVZ. Wilbur Rubén Ayma Flores

DIRECTOR

:

Mg. Sc. Bilo Wenceslao Calsin Calsin

ASESOR

:

Dr. Ceferino Uberto Olarte Daza

Área : Sistemas de producción animal

Tema : Fibra de alpacas

DEDICATORIA

A Dios por brindarme la dicha vida, amor, bondad, sabiduría, la humildad haciéndome un hombre mejor en la sociedad.

A mi padre Carlos Gil Villacorta por los ejemplos de perseverancia, amor, comprensión y apoyo en todos los momentos difíciles.

A mi madre Margarita Quispe Cusi por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me a permitido ser una persona de bien, pero más que nada por su amor infinito.

A mi hermano Alcides Gil Quispe quien me apoyo siempre motivándome a ser mejor profesionalmente.

A mis amigos MVZ Jaime Chuctaya Cutiri, MVZ Santos Huayta Aguilar por estar conmigo y apoyarme siempre anímicamente.

A mi novia Pia Alexandra Bravo Illatupa.

Rubén Gil Quispe.

AGRADECIMIENTO

A mi alma Mater Universidad Nacional Del Altiplano, y a la Gloriosa Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia; por haberme dado las bases y elementos en la enseñanza de esta admirable profesión.

Mis más merecidos reconocimientos A mi director de tesis Dr: Bilo Wesceslao Calsin Calsin y al Dr. Ceferino Uberto Olarte Daza mis asesores de tesis por toda la paciencia, valioso tiempo y conocimientos que me sirvieron de gran ayuda. Gracias por todo el apoyo.

A mis sinodales; al Dr: Edgardo Apaza Zuñiga, Dr: Jesus Esteban Quispe Coaquira, MVZ : Wilbur AYMA Flores; por haberme admitido, contribuido a la correccion y perfección de este trabajo.

A todo mis familiares que me acompañaron a lo largo de mi existenciaa, brindándome cariño y apoyo dándome ánimos así mismo ayudándome en que fuera posible, gracias por los consejos y la orientacion.

A todos mis compañeros de la promoción 2016 II, Amigos y familiares que de una u otra forma contribuyeron en el logro del presente.

Con gratitud verdadera :

Ruben Gil Quispe

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS.....	8
RESUMEN.....	9
ABSTRACT	10
I. INTRODUCCIÓN	11
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	13
2.1. Diámetro medio de fibra.....	13
2.2. Coeficiente de variación del diámetro medio de fibra	16
2.3. Factor de confort.....	18
2.4. Índice de curvatura de la fibra	21
2.5. Finura al hilado	23
2.6. Método de análisis del diámetro de fibra.....	24
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
3.1. Lugar de estudio.....	25
3.1.1. Vegetación del área experimental.	25
3.2. Material experimental	26
3.2.1. Tamaño de muestra	26
3.3. Metodología.....	28
3.4. Análisis estadístico.....	31
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
4.1. Promedio del diámetro medio de fibra	33
4.2. Características textiles de la fibra de alpaca.....	35
4.2.1. Coeficiente de variabilidad del diámetro medio de fibra	35
4.2.2. Factor de confort.....	38

4.2.3. Índice de curvatura	41
4.2.4. Finura al hilado	44
V. CONCLUSIONES	46
VI. RECOMENDACIONES.....	47
VII. REFERENCIAS	48
ANEXOS	57
Anexo 1: Diámetro medio de fibra (um) en alpacas Huacaya del IIPC	58
Anexo 2. Coeficiente de variación del diámetro medio de fibra (%) en alpacas Huacaya del IIPC.....	59
Anexo 3. Factor de confort (%) de fibra de alpacas Huacaya del IIPC	60
Anexo 4. Índice de curvatura (°/mm) de fibra de alpacas Huacaya del IIPC	61
Anexo 5. Finura al Hilado de fibra (um) de alpacas Huacaya del IIPC	62
Anexo 6. ANVA PARA DIAMETRO MEDIO DE FIBRA	63
Anexo 7. ANVA PARA COEFICIENTE DE VARIACION DEL DIAMETRO MEDIO DE FIBRA.....	64
Anexo 8. ANVA PARA FACTOR DE CONFORT	65
Anexo 9. ANVA PARA INDICE DE CURVATURA	66
Anexo 10. ANVA PARA FINURA AL HILADO	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diámetro medio de fibra (μm) en alpacas Huacaya hembras de uno a ocho años de edad del IIPC.....	33
Tabla 2. Coeficiente de variabilidad del diámetro medio de fibra (%) en alpacas Huacaya hembras de uno a ocho años de edad del IIPC.....	36
Tabla 3. Factor de confort de fibra (%) en alpacas Huacaya hembras de uno a ocho años de edad del IIPC.....	39
Tabla 4. Índice de curvatura de fibra ($^{\circ}/\text{mm}$) en alpacas Huacaya hembras de uno a ocho años de edad del IIPC.....	41
Tabla 5. Finura al hilado de fibra (μm) en alpacas Huacaya hembras de uno a ocho años de edad del IIPC.....	44

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

FAO	= Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y agricultura
CONOPA	= Coordinadora de investigación y desarrollo de los camélidos sudamericanos
μm	= Micrómetros
MDF	= Diámetro medio de fibra
CVDMF	= Coeficiente de variabilidad del diámetro medio de fibra
IC	= Índice de curvatura
CIP	= Centro de investigación y producción
FH	= Finura al hilado
FC	= Factor de confort
OFDA	= Analizador óptico de fibras
CY	= Fibra fina
SL	= Longitud de fibra
Foll/ mm^2	= Folículos por milímetro cuadrado
cm	= centímetro
g	= gramo
mm	= milímetro
CSD	= Camélidos sudamericanos domésticos

RESUMEN

Con el objetivo de determinar el promedio del diámetro medio de fibra y las características textiles de la fibra de alpaca (coeficiente de variación del diámetro medio de fibra, factor de confort, índice de curvatura y finura al hilado) se analizaron 160 muestras de fibra procedentes de alpacas hembras Huacaya de uno a ocho años de edad del Instituto de Investigación y Promoción de Camélidos Sudamericanos (IIPC) utilizando el equipo OFDA 2000 del laboratorio de fibras del Proyecto Especial de Camélidos Sudamericanos del Gobierno Regional de Puno, el trabajo fue conducido en un diseño completo al azar, la comparación de promedios se realizó mediante la prueba de Significación Múltiple de Duncan analizadas en el SAS Versión 9,2. Los resultados muestran que el diámetro medio de fibra fue de $23.75 \pm 0.29 \mu\text{m}$, los valores varían con la edad de la alpaca de $19.87 \pm 0.54 \mu\text{m}$ al primer año y $26.23 \pm 0.74 \mu\text{m}$ al octavo año ($P \leq 0.05$); el coeficiente de variación del diámetro medio de fibra fue de 24.85 %, los valores varían con la edad ($P \leq 0.05$); el factor de confort fue de 86.49 %, los valores varían con la edad de la alpaca de 95.47 % al primer año y 74.76 % al octavo año ($P \leq 0.05$); el índice de curvatura fue de 38.79 %/mm, los valores varían con la edad de la alpaca de $42.39 \pm 2.00 \text{ %/mm}$ al primer año y $36.06 \pm 1.59 \text{ %/mm}$ al octavo año ($P \leq 0.05$) y la finura al hilado fue de $23.93 \pm 0.28 \mu\text{m}$ en alpacas Huacaya hembras del IIPC, los valores varían con la edad de la alpaca de $20.39 \pm 0.54 \mu\text{m}$ al primer año y $26.32 \pm 0.96 \mu\text{m}$ al octavo año ($P \leq 0.05$). Se concluye que existen variaciones en el diámetro medio de fibra y las características textiles de la fibra de alpacas Huacaya por edad.

Palabras clave: Alpaca, curvatura, confort, finura al hilado, fibra, Huacaya.

ABSTRACT

In order to determine the average fiber diameter, coefficient of variation of the average fiber diameter, comfort factor, curvature index and fineness to the yarn, 160 samples of fiber from Huacaya female alpacas from one to eight years of age were analyzed. South American Camelids Research and Promotion Institute (IIPC) using the OFDA 2000 team from the fiber laboratory of the South American Camelids Special Project of the Regional Government of Puno, the work was conducted in a complete random design, the comparison of averages was made using Duncan's Multiple Significance test analyzed in SAS Version 9.2. The results show that the mean fiber diameter was $23.75 \pm 0.29 \mu\text{m}$, the values vary with the age of the alpaca of $19.87 \pm 0.54 \mu\text{m}$ at the first year and $26.23 \pm 0.74 \mu\text{m}$ at the eighth year ($P \leq 0.05$); the coefficient of variation of the mean fiber diameter was 24.85 %, the values vary with age ($P \leq 0.05$); the comfort factor was 86.49 %, the values vary with the age of the alpaca of 95.47 % at the first year and 74.76 % at the eighth year ($P \leq 0.05$); the index of curvature was of $38.79 \pm 0.58^\circ / \text{mm}$, the values vary with the age of the alpaca from $42.39 \pm 2.00^\circ / \text{mm}$ to the first year and $36.06^\circ / \text{mm}$ to the eighth year ($P \leq 0.05$) and the fineness When spinning was $23.93 \pm 0.28 \mu\text{m}$ in female Huacaya alpacas of the IIPC, the values vary with the age of the alpaca from $20.39 \pm 0.54 \mu\text{m}$ to the first year and $26.32 \pm 30.96 \mu\text{m}$ to the eighth year ($P \leq 0.05$). It is concluded that there are variations in the textile characteristics of Huacaya alpaca fiber by age.

Keywords: Alpaca, comfort, curvature, fiber, fineness to the yarn, Huacaya.

I. INTRODUCCIÓN

El Perú es el principal proveedor de la fibra de alpaca de calidad en el mundo y tiene mayores posibilidades para la exportación y afianzamiento en el mercado textil; los factores que determinan la calidad de la fibra son el diámetro medio de fibra, el coeficiente de variabilidad del diámetro medio de fibra, factor de confort (porcentaje de fibras menores a 30 μm), el índice curvatura y la finura al hilado, la presencia de fibra medulada, afecta negativamente el valor textil (Hunter, 1993), debido al vacío medulado no se tiñen bien y generalmente aparecen mucho más translúcidas que las fibras no meduladas (Carpio, 1991; Rodríguez, 2007). En los últimos años la calidad de fibra de alpaca ha decrecido notoriamente y esta es cada vez más gruesa, seca, quebradiza, producto de vellones menos uniformes, el promedio nacional del diámetro medio de fibra se estima en 32 μm (Quispe *et al.*, 2009); por lo tanto surge la necesidad de consolidar programas de mejora genética.

En las últimas décadas el interés por la producción de camélidos sudamericanos domésticos ha crecido a nivel mundial, debido principalmente a las características de su fibra que compite en el mercado internacional con las fibras más finas (Quispe, 2010). Esto ha incrementado el interés de productores e investigadores de los principales países involucrados con la producción de fibra de alpaca (Perú, Estados Unidos y Australia) por definir las características relacionados a la producción de fibra, con el fin de instaurar programas de mejoramiento (Wujili *et al.*, 2000; Gutiérrez *et al.*, 2009).

Las iniciativas de mejoramiento genético de fibra de alpaca por parte del estado y algunas empresas de la industria textil están centradas principalmente en

reducir el diámetro medio de fibra, porque para la confección de prendas lujosas son requeridas las fibras finas, en la actualidad son pocas las empresas que tiene una estrategia sostenida en el mejoramiento genético de fibra de alpaca. Todavía no se ha resuelto el problema de la sensación de picazón que sienten los usuarios y se ha atribuido que las fibras meduladas continuas o fibras kemp producen incomodidad cuando están en contacto con la piel (Holt, 2007; McGregor, 1997). Además estas fibras son frágiles (baja resistencia a la tracción) y rígidas que sobresalen de las prendas a simple vista dando una mala apariencia, afectando indirectamente en el precio de la fibra y el ingreso del productor alpaquero.

Bajo esta perspectiva, se realizó el presente trabajo de investigación, con el propósito de establecer información objetiva para el inicio de un programa de mejoramiento genético en alpacas, en relación al diámetro de fibra. De igual manera existirá la posibilidad de dar un mayor valor agregado al precio de la fibra en beneficio de los productores, lo que conllevara a mejorar el nivel de vida del productor alto andino. En tal sentido en el presente estudio se planteó con el objetivo de determinar el promedio del diámetro medio de fibra y las características textiles (coeficiente de variabilidad del diámetro medio de fibra, factor de confort, índice de curvatura y finura al hilado) de la fibra en alpacas de uno a ocho años de edad de la raza Huacaya del Instituto de investigación y Promoción de Camélidos Sudamericanos, Puno.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Diámetro medio de fibra

Se refiere al diámetro que existe cuando la fibra se corta transversalmente (Gillespie y Flandes, 2010). Se mide en micrones (micras), lo que equivale a una milésima parte de un milímetro (Cottle, 2010; Poppi y McLennan, 2010; Rowe, 2010). El diámetro de fibra es ampliamente reconocido como una características más importante de la fibra (Lee *et al.*, 2001; Edriss *et al.*, 2007; Kelly *et al.*, 2007; Rowe, 2010). En consecuencia, las fibras más finas pueden ser transformados en hilos de tal manera que sea útil para la confección de una gran variedad de productos textiles (Warn *et al.*, 2006; Rowe, 2010). Con las fibras más finas se pueden confeccionar tejidos lujosos con peso ligero (Cottle, 2010).Paradójicamente, las fibras gruesas son particularmente adecuados para la confección de productos textiles de menor lujo y se utilizan para la confección de alfombras, ropa de abrigo y frazadas (Poppi y McLennan, 2010).

El diámetro medio de fibra (DMF) de una muestra representativa del vellón esta expresado en micrómetros (μm), lo cual define la finura. Este parámetro físico es considerado el principal criterio de selección en poblaciones de alpaca de todo el mundo (Frank *et al.*, 2006; Gutiérrez *et al.*, 2009; Cruz, 2011). La clasificación de los vellones se basa principalmente en la finura, ya que permite una mejor valoración al momento de la comercialización (Quispe, 2010).

Las alpacas son apreciadas por su fibra, debido a su finura, suavidad, peso ligero, características de higroscopicidad, resistencia, elasticidad y colores naturales. Es más térmica que la lana de ovino, tiene menos posibilidad de producir alergias y contiene menos lanolina (Mueller, 2008). Para la evaluación de muestras de fibra se toma de la zona del costillar medio, debido a que se considera la zona más representativa para medir el diámetro de fibra en alpacas (Aylan Parker y McGregor, 2002), constituyéndose por lo tanto en un buen criterio de selección para realizar trabajos sobre el diámetro de fibra y del peso de vellón. Algunos investigadores sin embargo utilizan para caracterizar al vellón tres zonas de muestreo: paleta, costillar medio y grupa, lo cual incrementa la mano de obra y los costes de evaluación (Huanca *et al.*, 2007).

El diámetro de fibra está sujeto a variación, la misma que depende de las características genéticas, el medio ambiente de donde provienen y el color del vellón (Calle, 1982). Las variaciones en el diámetro son causadas también por cambios fisiológicos en el animal debido a la nutrición, gestación, lactación, destete o enfermedades, así como por factores tales como la edad, sexo, raza, temperatura, fotoperiodo, estrés, época del año, época de empadre, época de esquila, sanidad y otros factores característicos del medio ambiente alto andino (Solís, 1991; Cruz *et al.*, 2017).

Las hembras en el último tercio de gestación con un buen estado nutricional producen crías con mayor peso al nacimiento y también con mayor densidad folicular, lo que se interpretaría que a mayor densidad

folicular se producen fibras más finas (Franco, 2006). La fibra proveniente de animales mal alimentados es menos resistente y más fina que la de animales con mejor alimentación (Florez *et al.*, 1986).

En alpacas Huacaya de diez meses hasta seis años de edad, el diámetro de fibra incrementa de 17.4 a 27.5 μm (Del Carpio, 1989). Y durante los primeros meses de vida del animal el diámetro de fibra tiene un rango de 21 a 23 μm y luego se incrementa de 25 a 27 μm y finalmente desciende de 21 a 22 μm (McGregor, 2004).

En la región de Puno en animales de dos años de edad, se encontraron valores de 14 a 30 μm (Florez *et al.*, 1986). En alpacas criadas en Huancavelica las variaciones del diámetro de fibra por edad es de 24.62 μm para animales de dos años, 25.57 μm tres años y 26.74 μm en animales de cuatro años de edad (Huamaní y González, 2004). De igual manera en animales tuis el diámetro de fibra es de 20.75 μm y en animales adultos es de 23 μm (Quispe *et al.*, 2009).

En Australia en alpacas de dos a seis años de edad de ambos sexos de la raza Huacaya, menciona que el 10% de alpacas Huacaya, presentan un diámetro de 24 μm y más del 50% están sobre los 29.9 μm respectivamente (McGregor, 2006). El diámetro de fibra describe medidas ligeramente variables que asciende hasta los doce años de edad y a partir de esta edad sufre una disminución considerable hasta los catorce años de edad; al parecer la finura de fibra se ve afectada por la hiponutrición en edades avanzadas (Bustinza *et al.*, 1985).

Con respecto al diámetro de fibra resulta importante el trabajo de Lupton et al. (2006) quien analizó 585 muestras de vellón de alpacas norteamericanas de distintos sexos y edades, encontrando $26.7\mu\text{m}$ para hembras y $27.1\mu\text{m}$ para machos; con respecto a la edad, encontró valores de $24.3\mu\text{m}$, $26.5\mu\text{m}$ y $30.1\mu\text{m}$ para alpacas de 1, 2 y 3 o más años de edad, respectivamente. Por otra parte McGregor (2006) al estudiar alpacas criadas en Australia encontró que el 10% de alpacas Huacaya con diámetro medio de $24\mu\text{m}$ y más del 50% que tenían $29.9\mu\text{m}$.

Además, Ponzoni et al. (1999) al analizar un programa de mejora genética para alpacas australianas refiere promedios de diámetro de fibra de $25.7\mu\text{m}$ con un rango de 23.4 a $27.3\mu\text{m}$. En los trabajos más recientes en alpacas del sur de Perú (González et al., 2008; Gutiérrez *et al.*, 2009; Cervantes *et al.*, 2010), en Apurímac (Vásquez *et al.*, 2015) en Huancavelica (Montes *et al.*, 2008; Quispe, 2010) y en Junín (Candio, 2011) refieren valores de $21\mu\text{m}$ a $24\mu\text{m}$.

2.2. Coeficiente de variación del diámetro medio de fibra

El coeficiente de variación del diámetro de la fibra (CVDF) es una medida de heterogeneidad del diámetro de las fibras dentro de un vellón y se expresa como el cociente entre la desviación estándar y el promedio multiplicado por 100, por lo tanto su magnitud está expresada en porcentaje. El coeficiente de variabilidad no debe superar el 24%, ya que se considera el límite para rendimientos textiles acorde a su diámetro, y que se encuentra asociado al rendimiento del hilado, propiedad conocida también como finura al hilado (Quispe *et al.*, 2009). El estudio de la

variación del diámetro a lo largo de la fibra, es una herramienta útil para observar la respuesta del animal frente a las situaciones medio ambientales a través del período de crecimiento de la fibra (Hansford, 1997). Un vellón con coeficiente de variación más bajo indica una mayor uniformidad del diámetro de fibras individuales dentro del vellón (McLennan y Lewer, 2005).

Para conocer los valores normales de la variabilidad del diámetro de fibra, se recopiló datos de más de 100 mil muestras de vellón, analizadas con OFDA, provenientes de más de mil majadas de Australia y Nueva Zelanda y obtuvieron un coeficiente de variabilidad de 18 y 19% (Baxter, 1992). También observaron que ese valor varía fuertemente entre animales (de 13 a 25%). En alpacas Huacaya el coeficiente de variabilidad es de 27.28% (Solis, 1991).

Dentro de una mecha el diámetro de fibra puede tener un coeficiente de variación tan bajo como 14% en la lana. Muchas características del procesamiento y propiedades de los tejidos dependen primariamente del diámetro promedio de fibra, pero también son afectados por la dispersión del diámetro. Esta última variación es atribuible a factores ambientales a través del año. Así bajo condiciones severas de desnutrición o enfermedad, puede producirse un adelgazamiento de la fibra hasta el punto de romperse (Carpio, 1991).

Existen dos fuentes de variación del diámetro de fibra que es medida en una muestra. La primera, está referida a la variación dentro de una mecha y la segunda está referida a la variación a lo largo de la mecha. El 80% de

la variación se refiere a la primera (que es a la que se refiere el CVDF), mientras que el 20% se refiere a la segunda. Un 24% representa el límite para el rendimiento textil acorde a su diámetro y se encuentra asociada al rendimiento del hilado o diámetro ajustado a la hilatura, cuyo cálculo está basada en el diámetro de fibra con un valor estándar para el CVDF de 24%. Por lo que si este CVDF se redujera en 5% su finura se vería virtualmente reducida en 1 micrón (Quispe, 2010).

El CVMDF resultaría ser adecuado para las exigencias de la industria textil 22.14% y 20.34%,(Huarcaya *et al.*, 2016) siendo incluso inferior a valores de 23.48 a 28.10% reportado en alpacas (Lupton *et al.*, 2006; McGregor, 2002; McGregor & Butler, 2004; X. Wang, Wang y Liu, 2003). Esta característica tiene alta influencia sobre algunas propiedades requeridas en la industria textil (Lupton *et al.*, 2006), resultando conveniente un valor menor a 24%, pues a partir de este valor, la finura al hilado disminuye 1 μm por cada 5% de disminución (Huarcaya *et al.*, 2016). En el Centro de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos – Lachocc (CIDCS - Lachocc) , se encontró CVDF de 19.08 % resultaría ser bastante buena para las exigencias de la industria textil (Paucar *et al.*, 2015)

2.3. Factor de confort

El factor de confort se define como el porcentaje de las fibras menores a 30 micras y se conoce también como factor de comodidad (McColl, 2004; Mueller, 2007), en contraste con el factor de confort es el factor de picazón, que describe el porcentaje de fibras con diámetros mayores a 30 micras (Bardsley, 1994; Baxter y Cottle, 1997; Wood, 2003). Las prendas

confeccionadas con fibras finas son altamente confortables en cambio prendas confeccionadas con fibras mayores a 30 micras causan la sensación de picazón debido a que los extremos de la fibra que sobresalen desde la superficie de los hilos son relativamente gruesas; sin embargo, si estos hilos fueran más delgadas serían más flexibles y existiría menor probabilidad de que provoquen picazón en la piel (Sacchero, 2008; McColl, 2004; Mueller, 2007). Estos dos parámetros valoran los intercambios de sensaciones entre el cuerpo humano y la prenda de fibra ante las respuestas fisiológicas y sensoriales de las personas.

El factor de confort es un carácter no técnico de la fibra, está relacionado con el grado mayor o menor de confort que brindan las prendas fabricadas con fibra de alpaca sobre el usuario (Sacchero, 2008). Se sabe que mientras menor diámetro tiene las fibras, el confort es mayor. Al realizar estudios en alpacas criadas en Australia, obtuvieron un factor de confort de 75.49 % (Ponzoni *et al.*, 2006), mientras trabajando en alpacas criados en Estados Unidos sobre la evaluación de las características de la fibra de alpaca Huacaya, con una muestra representativa de 585 animales se determinó un factor de confort de 73 % en machos y 70.6 % en hembras, animales de un año mostraron 82.7%, dos años 74.7%, y mayores de tres años 58.6% (Lupton *et al.*, 2006).

En Huancavelica trabajando con 544 muestras de vellón de alpaca de color blanco provenientes de 8 comunidades, de distintas edades y sexos, se han encontrado valores de factor de picazón de 6,33% que

correspondería a un factor de confort de 93,67%, el cual se considera como un buen factor acorde a los requerimientos de la industria textil (Quispe *et al.*, 2007).

El factor de confort probablemente esté relacionada con la fibras meduladas, en alpacas las fibras primarias son meduladas, mientras que las secundarias pueden ser meduladas y no meduladas (Antonini *et al.*, 2004). El promedio en animales jóvenes es más fina, con menor grado de medulación, y en las gruesas hay mayor presencia de médula; en llamas y alpacas, estos valores aumentan significativamente con la edad (Martínez *et al.*, 1997; McGregor *et al.*, 2006).

El porcentaje de fibras fuertemente meduladas fue bajo (0.2%), el valor máximo hallado fue de 1.8%. Trabajos anteriores señalan valores más altos; Villarroel (1963) reportó 9.5%, y Martínez *et al.* (1997) e Iñiguez *et al.* (1998) indican 3.7% y 2.4%, respectivamente. Sin embargo, Wurzinger *et al.* (2006) reportaron 0.1% en llamas. Esta diferencia podría atribuirse a que los vellones procedieron de una población de alpacas que fue seleccionada por varias generaciones, para disminuir el DMF.

Se halló que el porcentaje de fibras con medulación continua tiene amplio rango de variación (1.17% a 65.50%), con un promedio de 23.90%, que resulta inferior a 32.50% y 40.6% reportados por Trejo (1986) y Villarroel (1963), respectivamente. En llamas, Martínez *et al.* (1997) reportaron 39.4%, también en Bolivia Iñiguez *et al.* (1998) refirieron valores menores de 17.2% y Wurzinger *et al.* (2006) un valor cercano de 14.1%.

El bajo porcentaje de fibras con médula continua encontrado, respecto a anteriores reportes, puede atribuirse a la selección artificial por DMF, ya que indirectamente se habrían eliminado algunas fibras meduladas. Para las fibras con medulación discontinua, Trejo (1986) reportó 12.20%, Contreras (2009) reportó 16.14% y Villarroel (1963) reportó 14.9%; siendo coincidente con lo hallado en el presente trabajo.

El porcentaje de fibras meduladas fragmentadas fue de 29.29%, superior a 13.9%, reportado por Villarroel (1963) y a 5.60% reportado por Trejo (1986). Por el contrario en llamas Martínez *et al.* (1997) e Iñiguez *et al.* (1998), refieren valores de 36.7% y 19.2%, respectivamente.

Respecto al porcentaje de fibra no medulada, Contreras (2009) reportó 33.51%, que concuerda con 32.56% encontrado en el presente trabajo, Martínez *et al.* (1997) encontraron 20.2% de fibras no medulada en vellón de llamas. Sin embargo en estudios anteriores reportaron 18.3% (Newman y Paterson, 1996) y 21.1% (Villarroel, 1963), estos valores indican el aumento del porcentaje de fibra no medulada la seleccionar por DMF y proporcionalmente se reduce el porcentaje de fibra medulada.

2.4. Índice de curvatura de la fibra

Tradicionalmente, la frecuencia de rizo se utilizó como un marcador indirecto del diámetro de fibra durante la venta de lotes de ovinos (Cottle, 1991; Hatcher y Atkins, 2000); al realizar una apreciación visual de las mechas de fibra, las ondulaciones o el aspecto ondulado es evidente (Rogers, 2006). Sin embargo, en las últimas décadas, el rizo está siendo

evaluado en términos de curvatura de la fibra, que describe la frecuencia de rizos que existe en la fibra (McGregor, 2003) o como el número de rizos por unidad de longitud (Hatcher y Atkins, 2000).

La importancia del rizado de la fibra siempre ha abierto debate en la industria textil de la lana, estimándose en unos casos que lanas con bajo rizado son mejores que lanas con alto rizado y en otros que esta característica está asociada con la uniformidad en la finura y por lo tanto la presencia abundante de rizos es señal de buena calidad, lo que parece ocurrir en alpacas Huacaya (Bustanza, 2001).

La curvatura del rizo está relacionada con la frecuencia del número de rizos, cuando la curvatura es menor a 20 grad/mm se describe como curvatura baja, sí la curvatura se encuentra en un rango de 40 – 50 grad/mm se le considera una curvatura media y cuando sobrepasa los 50 grad/mm es considerada como una curvatura alta (Holt, 2006).

Al realizar una comparación del índice de curvatura en diferentes especies, se demostró que estos valores están relacionados inversamente al diámetro de fibra (Fish *et al.*, 1999). En EE.UU. Se encontró en alpacas, valores de 34.6 grad/mm, 33.7 grad/mm, 29.4 grad/mm en animales de uno, dos y más de dos años de edad, de igual manera las hembras tienen 33.4 grad/mm y machos 32.8 grad/mm (Lupton *et al.*, 2006). En Perú También se reportó índice de curvatura en alpacas de un año 54.70 en machos y 54.01 en hembras (Siguayro y Aliaga, 2010).

2.5. Finura al hilado

La finura al hilado, provee una estimación del rendimiento de la muestra cuando es hilada y convertida en hilo, su estimación proviene de la combinación de la media del diámetro de fibra (MDF) y el coeficiente de variación (CVDF) y mide la procesabilidad de la fibra. La idea original viene de Martindale (1945), que fue analizada y planteada por Anderson (1976) como “effective fineness” y que, posteriormente fue modificada por una ecuación práctica llamándose a dicho valor finura al hilado (Butler y Dolling (1995) y es una característica fuertemente heredable (Butler y Dolling, 1992).

La finura al hilado es un estimador del rendimiento de la muestra cuando es hilado y convertido en hilo (Manso, 2011); dos tops con diferentes MDF y CVDF pueden producir hilados de la misma uniformidad, si sus finuras efectivas tienen el mismo valor al utilizar la fórmula anteriormente descrita (De Groot, 1995).

En alpacas Huacaya blanco la finura al hilado es de 20.90 μm observando que animales jóvenes tienen menor finura al hilado que animales adultos y que los animales menores de 18 meses son los que exhiben una mejor finura al hilado; asimismo, se encontró efectos altamente significativos de factores como año y comunidad, sobre dicha característica (Quispe, 2010).

Se evaluaron las características tecnológicas de la fibra de llama, diámetro medio de fibra (MDF), coeficiente de variación de MDF

(CVMDF), factor de confort (FC), índice de curvatura (IC) y finura al hilado (FH) antes y después de descerderar, se tomaron muestras de 10 g de fibra de vellones de 227 llamas Chaku de la región Apurímac. Las fibras sin descerderar y descerderadas fueron analizadas con el equipo OFDA 2000 (Optical Fibre Diameter Analyser); se consideraron las variables sexo y edad, la FH en fibra sin descerderar fue de $22.17 \pm 0.25 \mu\text{m}$ y descerderada de $21.11 \pm 0.22 \mu\text{m}$ (Layme *et al.*, 2016).

2.6. Método de análisis del diámetro de fibra

Uno de los métodos de medición de diámetro de fibra es el OFDA 2000, el equipo portátil puede utilizarse dentro del centro de producción, este equipo es capaz de medir el diámetro de fibra en vellón sucio. Durante el proceso de la medición muestra la posición de los puntos más finos y más gruesos a lo largo de la fibra, solo requiere de un calibrador de fibra poliéster para fibra de alpaca (McColl, 2004).

En cada lectura se obtiene el diámetro fibra, desviación estándar, índice de curvatura, factor de confort, y también se obtiene un histograma con las observaciones señaladas (Hansford *et al.*, 2002). El OFDA 2000 es un instrumento que permite medir las características de la fibra a lo largo de las mechassucias en tiempo real (Baxter, 2002).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio

Las muestras de fibra procedieron del rebaño de alpacas del Instituto de Investigación y promoción de Camélidos Sudamericanos (IIPC) con sede en el CIP La Raya, ubicado en el distrito de Santa Rosa, Provincia de Melgar región Puno; a altitudes de 4 136 m (Araranca) y 5 470 m (Chimboya), próximo a las coordenadas 14° 30` 33`` de latitud Sur y 70° 57` 12`` de longitud Oeste, encontrándose ubicado en el km 205 carretera Puno-Cusco (SENAMHI 2012).

Las muestras de fibra fueron analizadas en el laboratorio de fibras del Proyecto Especial de Camélidos Sudamericanos del Gobierno Regional ubicado en Puno.

3.1.1. Vegetación del área experimental.

Las pasturas naturales presentaron predominio de gramíneas y dentro de ellas Gramineae: *Calamagrostis vicunarium* (Ñapha pasto), *Festuca dolichoplylla* (Ch'illiwa), *Calamagrostis heterophylla*, *Calamagrostis rigescens*, *Stipa brachiplylla* (Grama ichu), *Stipa ichu* (Siqua ichu); Juncaceae: *Distichia muscoides* (khukuna); Compositae: *Hypochoeris taraxacoides* (Pilly), *Gnaphalium capitatum* (Wira wira), *Werneria* sp.; Rosaceae: *Alchemilla pinnata* (Sillu sillu); Ciperaceae: *Eleocharis albribacteata* (Q'emillo), (pasto estrella) y Geraniaceae: *Geranium sessiliflorum*.

3.2. Material experimental

3.2.1. Tamaño de muestra

La muestra correspondió a alpacas Huacaya blanco hembras de uno a ocho años del IIPC, que fueron libres de defectos genéticos (ojos zarcos, manchados, prognatismo inferior o superior, etc.), se colectaron 20 muestras por edad haciendo un total de 160 muestra de fibra, el muestreo fue aleatorio.

El tamaño de muestra fue calculado mediante:

$$n = \frac{N\sigma^2Z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2Z^2}$$

$$n = \frac{(460) (0,5)^2 (1,96)^2}{(460-1) (0,05)^2 + (0,5)^2 (1,96)^2} = 138$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra final

N = Tamaño de la población

Z² = Coeficiente de confianza

e^2 = Error absoluto de muestreo o precisión

σ^2 = Desviación estándar esperada de la población

3.2.2. Materiales y equipos utilizados para la toma de muestra en campo.

Materiales.

- Tarjetas para identificación de muestras.
- Bolsitas de polietileno
- Libreta de campo.
- Tijeras de esquila.
- Mameluco
- Lapiceros
- Botas
- Mandil
- Sogas
- Aretes.
- Aretador.

Equipos

- Cámara digital.

3.2.3. Equipos para realizar el análisis de fibra en laboratorio

- OFDA 2000, modelo 2145 con procesador de Windows 8 el cual permite procesar la lectura de imágenes en datos cuantitativos
- Impresora.
- Laptop.

3.3. Metodología.

3.3.1. Identificación de alpacas

Las alpacas Huacaya hembras de color blanco, de uno a ocho años de edad fueron marcada con un arete de plástico Alflex con ayuda de un aretador, y con el número de codificación correspondiente a cada alpaca.

3.3.2. Obtención de la muestra de fibra

En la toma de muestra de fibra se utilizó una tijera y se cortaron mechales de fibras, hasta alcanzar 3 g de la región del costillar medio el cual se considera como la zona más representativa para medir el promedio del diámetro medio de fibra (Aylan Parker y McGregor, 2001).

Inmediatamente las muestras fueron puestas en bolsas de polietileno, debidamente identificadas con su rotulo donde se consideraron los siguientes datos: propietario, número de arete, sexo, edad de la alpaca, fecha de obtención de la muestra; luego de obtener las 160 muestras de fibra estas fueron analizadas en el laboratorio de fibras del Gobierno regional de Puno.

3.3.3. Procedimiento del análisis de muestra.

Determinación del diámetro medio de fibra

Las 160 muestras fueron analizadas con la finalidad de determinar el diámetro medio de fibra; el coeficiente de variación del diámetro medio de fibra, factor de confort e índice de curvatura de la fibra, para lo cual se utilizó el equipo OFDA 2000, siguiendo las recomendaciones dadas por Brims *et al.* (1999); el OFDA es un instrumento que se basa en la tecnología de digitalización de imágenes y analizador óptico de las mismas (Elvira, 2017), con la ejecución del programa de administración de datos IWG/Meswin/OFDA.exe.

- El trabajo se realizó primero calibrando el equipo con el slide usando patrones de fibra poliéster estándar para fibra de alpaca.
- Para determinar el factor de corrección por grasa primero se realizó la identificación de 24 muestras de fibra en sucio, que representa el 10 % de la muestra total, luego de haber identificado las muestras, se procedió a realizar la lectura inicial de dichas muestras, una vez terminado la lectura de las 24 muestras de fibra éstas fueron lavadas. posteriormente se hizo la segunda lectura, de esa misma muestra determinándose así de esta manera el factor de corrección por grasa que fue de 0.7 μm .
- Posteriormente las muestras restantes de fibra sucia fueron colocados en el slide uno por uno para su posterior análisis, encargándose el OFDA 2000 de aplicar la corrección de grasa

de forma automática para la determinación del diámetro medio de fibra, factor de confort e índice de curvatura.

Determinación de coeficiente de variación del diámetro medio de fibra

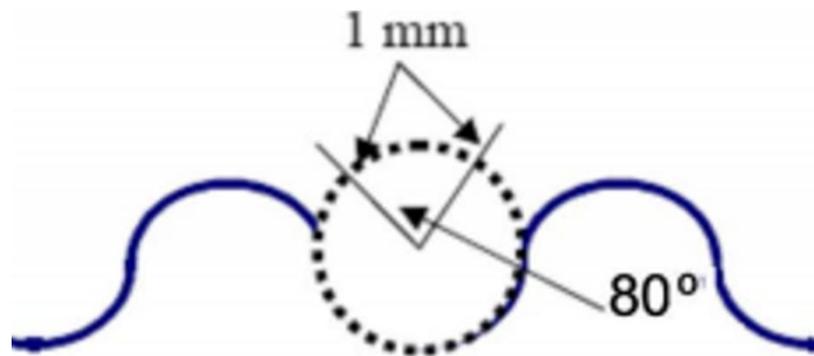
El coeficiente de variación del diámetro de la fibra (CVDF) se determinó mediante el equipo OFDA 2000 y corresponde a la heterogeneidad del diámetro de las fibras dentro de un vellón y fue expresa como el cociente entre la desviación estándar y el promedio multiplicado por 100.

Determinación del factor de confort

Se determinó mediante el equipo OFDA 2000 y corresponde al porcentaje de las fibras menores de $30\ \mu\text{m}$ que tiene el vellón de alpaca.

Determinación del índice de curvatura

Se determinó mediante el equipo OFDA 2000, el índice de curvatura (IC) de la fibra es una característica textil adicional que puede ser utilizado para describir la propiedad espacial de una masa de fibras.



Determinación de finura al hilado

Se determinó mediante el equipo OFDA (Analizador óptico del diámetro de fibras) su estimación proviene de la combinación de la media del diámetro de fibra (MDF) y el coeficiente de variación (CVDF) y mide la procesabilidad de la fibra. Se determinó utilizando la fórmula de finura al hilado (Butler y Dolling, 1995) y corresponde a effective fineness.

$$FH = 0.881 * MDF * \sqrt{1 + 5 * (CV MDF / 100)^2}$$

3.4. Análisis estadístico.

Estadística descriptiva.

Se determinaron medidas de tendencia central (Promedio) y de dispersión (Coeficiente de variabilidad, desviación estándar).

Diseño experimental.

El trabajo será conducido en un diseño completo al azar siendo el modelo aditivo lineal el siguiente:

$$X_{ij} = \mu + T_i + \xi_{ij}$$

Donde:

X_{ij} = Variable respuesta

μ = Promedio general

T_i = Efecto de la edad (1 a 8 años)

ξ_{ij} = Error experimental

Prueba de significancia.

La comparación de promedios de las variables diámetro medio de fibra, coeficiente de variación del diámetro medio de fibra, factor de confort, índice de curvatura y finura al hilado de fibra por edad, se ha realizado mediante la prueba de Significación Múltiple de Duncan con $\alpha = 0.05$.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los promedios del diámetro medio de fibra, coeficiente de variabilidad del diámetro medio de fibra, factor de confort, índice de curvatura y finura al hilado en fibra de alpacas Huacaya se muestran en el anexo 1 y cuyos parámetros estadísticos descriptivos se presentan en las tablas siguientes.

4.1. Promedio del diámetro medio de fibra

En la Tabla 1, se muestra el promedio del diámetro medio de fibra en alpacas de uno a ocho años de edad procedentes del Instituto de Investigación y Promoción de Camélidos Sudamericanos.

Tabla 1. Diámetro medio de fibra (μm) en alpacas Huacaya hembras de uno a ocho años de edad del IIPC.

Edad (años)	n	Promedio \pm EE	Valores extremos	
			Mínimo	Máximo
Uno	20	19.87 \pm 0.54 ^d	16.20	25.80
Dos	20	21.96 \pm 0.73 ^c	17.80	28.50
Tres	20	22.53 \pm 0.63 ^c	18.10	28.30
Cuatro	20	23.82 \pm 0.71 ^{bc}	18.60	28.70
Cinco	20	24.90 \pm 0.82 ^{ab}	19.50	33.50
Seis	20	25.06 \pm 0.68 ^{ab}	21.50	33.00
Siete	20	25.65 \pm 0.75 ^{ab}	20.40	34.10
Ocho	20	26.23 \pm 0.74 ^a	21.20	31.10
Total	160	23.75 \pm 0.29	16.20	34.10

Las letras diferentes indican diferencia estadística ($P \leq 0,05$) a la prueba de Duncan

El promedio del diámetro medio de fibra fue de $23.75 \pm 0.29 \mu\text{m}$ en alpacas Huacaya hembras del IIPC, los valores se incrementan conforme avanza la edad de la alpaca, al análisis de variancia existe diferencia altamente significativa para edad ($P \leq 0,01$) (anexo 1), el menor diámetro medio de fibra fue de $19.87 \pm 0.54 \mu\text{m}$ al año de edad que es diferente respecto a dos ($21.96 \pm 0.73 \mu\text{m}$), tres ($22.53 \pm 0.63 \mu\text{m}$) y cuatro años ($23.82 \pm 0.71 \mu\text{m}$) siendo estos últimos similares, pero menores que cinco ($24.90 \pm 0.88 \mu\text{m}$), seis ($25.06 \pm 0.68 \mu\text{m}$), siete ($25.65 \pm 0.75 \mu\text{m}$) y ocho años ($26.23 \pm 0.74 \mu\text{m}$), siendo estos últimos también similares.

Los resultados encontrados son inferiores a lo reportado por Holt (2006) quien obtuvo valores de $24.26 \mu\text{m}$, $25.78 \mu\text{m}$, $27.02 \mu\text{m}$ en alpacas de dos, cuatro y seis años de edad, respectivamente. De igual manera Huamaní y González (2004) encontraron valores de $24.62 \mu\text{m}$, $25.57 \mu\text{m}$, $26.74 \mu\text{m}$ en alpacas de dos, tres y cuatro años, respectivamente. Estas diferencias encontradas probablemente se deben a factores genéticos, tamaño de muestra utilizada y al medio ecológico. Así mismo a los resultados reportados en alpacas Huacaya de Corani por Ormachea (2015) cifrando diámetro de fibra de $19.6 \pm 2.09 \mu\text{m}$; $21.07 \pm 2.56 \mu\text{m}$ y $22.28 \pm 2.45 \mu\text{m}$, en alpacas de la categoría dos, cuatro y seis dientes, respectivamente ($P \leq 0.05$), por lo que se concluye que los valores del diámetro de fibra se incrementa significativamente con la edad del animal.

Los resultados son superiores a alpacas Huacaya blanco de las zonas alto andinas de Apurímac reportado por Vásquez (2015); en alpacas diente de leche fue de $17.8 \pm 0.2 \mu\text{m}$, dos dientes $19.7 \pm 0.3 \mu\text{m}$; cuatro dientes $20.7 \pm 0.3 \mu\text{m}$ y boca llena $22.1 \pm 0.3 \mu\text{m}$, coincidiendo en el incremento conforme avanza la edad de las alpacas. Así como a los reportes de Flores *et al.* (2014) en alpacas

Huacaya del distrito de Corani siendo de $19.86 \pm 2.31 \mu\text{m}$ a los dos años, $21.02 \pm 2.62 \mu\text{m}$ a los tres años y $21.88 \pm 2.70 \mu\text{m}$ a los cuatro años.

Los valores obtenidos en el diámetro de fibra presenta variaciones significativas, incrementándose el diámetro medio de fibra conforme se incrementa la edad del animal, los resultados obtenidos concuerdan a lo reportado por McGregor (2006), Bustinza (2001), Lupton *et al.* (2006), Huamaní y Gonzales (2004) quienes afirman que los valores del diámetro medio de fibra en alpaca son menores al primer año de vida y se va incrementando considerablemente de acuerdo a su edad.

Las variaciones encontradas en el diámetro de fibra pueden ser debido al factor alimentación ya que juega un rol muy importante en la determinación del diámetro de fibra. Sobre el particular Franco *et al.* (2009) menciona que niveles alimenticios bajos en energía y proteína disminuyen el diámetro de fibra, de igual manera disminuye su crecimiento en longitud y en volumen. Al respecto, Bryant *et al.* (1989) reporta que cuando existe abundancia de pastos naturales se presenta el engrosamiento de la fibra como resultado de una mejor alimentación.

4.2. Características textiles de la fibra de alpaca

4.2.1. Coeficiente de variabilidad del diámetro medio de fibra

En la tabla 2, se muestra el coeficiente de variabilidad del diámetro medio de fibra en alpacas de uno a ocho años de edad.

Tabla 2. Coeficiente de variabilidad del diámetro medio de fibra (%) en alpacas Huacaya hembras de uno a ocho años de edad del IIPC.

Edad (año)	n	Porcentaje	Valores extremos	
			Mínimo	Máximo
Uno	20	26.72 ^a	22.80	31.30
Dos	20	26.48 ^a	22.40	33.40
Tres	20	25.69 ^{ab}	20.20	31.70
Cuatro	20	24.49 ^{bc}	20.90	29.40
Cinco	20	23.21 ^c	19.30	28.00
Seis	20	24.12 ^{bc}	20.80	31.50
Siete	20	23.67 ^c	20.70	30.70
Ocho	20	24.47 ^{bc}	20.90	30.10
Total	160	24.85	19.30	33.40

Las letras diferentes indican diferencia estadística ($P \leq 0,05$) a la prueba de Duncan

El coeficiente de variación del diámetro medio de fibra fue de 24.85 % en alpacas Huacaya hembras del IIPC, los valores varían de acuerdo a la edad, al análisis de variancia (anexo 2) existe diferencia altamente significativa en el parámetro evaluado ($P \leq 0.01$). Los mayores valores de coeficiente de variación del diámetro medio de fibra fueron al año (26.72 %), dos (26.48 %) y tres años (25.69 %), respecto a cinco (23.21 %), seis (24.12 %), siete (23.67 %) y ocho años (24.47 %), estos últimos similares entre ellos.

Los resultados son superiores a los reportados por Vásquez *et al.* (2015) en alpacas Huacaya procedentes de las zonas altas de Apurímac, cifrando valores

de 21.3 %; 21.2 %; 21.1 %; y 21.3 % en alpacas diente de leche, dos dientes, cuatro dientes y boca llena, respectivamente. Sobre el particular en alpacas Huacaya de Estados Unidos Lupton *et al.* (2006) reporta valores de 25.0%, 24.4% y 23.6% en alpacas de uno, dos y más de dos años de edad; Manso (2011) en alpacas Huacaya en Huancavelica cita valores de 26.03%, 22.73%, 22.76% y 22.16% en alpacas diente de leche, dos dientes, cuatro y boca llena, respectivamente.

Sobre el particular, el coeficiente de variabilidad del diámetro de fibra son similares a los reportes de Checmapocco (2013) en alpacas Suri a la primera esquila (26.32%), y en llamas en general es mayor (42.57 %) con valores extremos de 27.50 a 68.90% reportados por Quispe (2017). Los resultados encontrados resultan superiores a los reportados por Ampuero *et al.*, (2015) con valores de 22.91 % en fibra de llamas Ch'acu hembras sin descender en la región del Cusco; y de Paucar *et al.* (2015) de 19.08% en vellones de llamas Ch'acu sin descender en la región de Huancavelica.

El coeficiente de variación de diámetro de fibra (CV) es una medida de heterogeneidad entre fibras dentro del vellón y se expresa en porcentajes. El CV en una mecha tiene dos fuentes de variación: la primera que se refiere a la variación de las fibras dentro de la mecha y constituye un 80% y la segunda referido a la variación a lo largo de la mecha que corresponde a un 20% (Quispe, 2010). Un vellón con un CV más bajo, tiene mayor uniformidad de diámetro de fibras individuales dentro de la mecha y el hilo que se produce con ella es más uniforme y resistente (McLennan y Lewer, 2005; Manso, 2011). Al reducir el CV

en 5% resulta similar que si se redujera el DMF en $1\mu\text{m}$ (McLennan y Lewer, 2005; Frank *et al.*, 2006; Ormachea, 2012).

El coeficiente de variabilidad del diámetro medio de fibra no resultaría ser adecuado para las exigencias de la industria textil tal como refiere Lupton *et al.*, (2006), esto es atribuible a factores ambientales a través del año, así bajo condiciones severas de desnutrición o enfermedad, puede producirse un adelgazamiento de la fibra hasta el punto de romperse. Es conveniente un valor menor a 24%, pues a partir de este valor, la finura al hilado disminuye un μm por cada 5% de disminución tal como refiere Lupton *et al.* (2006). Quispe *et al.* (2010) en estudios realizados en Vicuñas de la Región de Huancavelica encontró valores de 19.5% mostrando una mayor homogeneidad que otros productores de fibra animal de lujo.

4.2.2. Factor de confort

En la Tabla 3, se muestra el factor de confort de fibra en alpacas de uno a ocho años de edad.

Tabla 3. Factor de confort de fibra (%) en alpacas Huacaya hembras de uno a ocho años de edad del IIPC.

Edad (año)	n	Porcentaje	Valores extremos	
			Mínimo	Máximo
Uno	20	95.47 ^a	80.10	98.90
Dos	20	91.07 ^{ba}	70.40	99.00
Tres	20	90.90 ^{ba}	68.30	98.30
Cuatro	20	87.42 ^{bc}	67.80	98.30
Cinco	20	86.35 ^{bc}	55.30	96.50
Seis	20	84.28 ^{bc}	47.60	96.10
Siete	20	81.66 ^{dc}	39.90	97.30
Ocho	20	74.76 ^d	22.80	94.60
Total	160	86.49	22.80	98.90

Las letras diferentes indican diferencia estadística ($P \leq 0,05$) a la prueba de Duncan

El factor de confort fue de 86.49 % en alpacas Huacaya hembras del IIPC, los valores disminuyen conforme avanza la edad de la alpaca de 95.47 ± 4.30 % a la primera esquila hasta 74.76 % a la octava esquila, al análisis de variancia (anexo 3) existe diferencia altamente significativa en el parámetro evaluado ($P \leq 0.01$). Los mayores factores de confort fueron al año de edad (95.47 %), dos (91.07 %) y tres (90.90 %), los menores factores de confort fueron a los siete (81.66 %) y ocho años de edad (74.76 %)

Los resultados obtenidos considerando la edad del animal fue mayor en animales de un año en comparación con alpacas de ocho años, estos resultados indican

que la variable factor de confort disminuye conforme se incrementa la edad del animal, esta diferencia encontrada se atribuye debido a que los parámetros de diámetro de fibra en alpacas se incrementan conforme avanza la edad, similares a los reportes de Ponzoni *et al.* (2006), McGregor (2006). Los valores encontrados son superiores a lo reportado por, Lupton *et al.* (2006) quien obtuvo al primer año de vida 82.70%, dos años 74.10%, y mayores de dos años 58.6% de confort. Esta diferencia probablemente puede ser debido a que los valores del diámetro de fibra fueron superiores al presente trabajo de investigación.

Resultados inferiores al presente estudio fueron reportados por Fernández y Maquera (2013) en alpacas de la raza Suri del CIP La Raya, considerando que el mayor índice de confort se muestra al año de edad (93.91%) y esta disminuye hasta los cuatro años de edad (67.14%) ($P \leq 0.05$) y luego se torna constante en alpacas de cinco años de edad ($P > 0.05$) esto sugiere que mayor edad habrá mayor proporción relativa de pelos; probablemente dicho comportamiento intervienen factores de carácter ambiental y de carácter genético (crecimiento y desarrollo del animal y las esquilas periódicas) en el transcurso de la vida del animal. Así también, son inferiores a los reportados por Flores *et al.* (2015).

Los resultados obtenidos son similares a los reportados por Ormachea (2013) quien reporta en machos 94.99% y hembras 96.19%, y en edad las alpacas de dos años (96.71%) tres (94.43%) y cuatro años (93.04%). McGregor (2004) reporta un valor de 55.58%, Quispe *et al* (2007) en estudios realizados en Huancavelica reporta valores del índice de confort 93.66%, así como Ponzoni *et al.* (2006) 75.49%, valores inferiores al presente estudio.

En alpacas Huacaya blanco en zonas alto andinas de Apurímac, Vásquez *et al.* (2015) reporta valores de 98.7 %; 97.2 %; 95.2 % y 92.3 % en alpacas diente de leche, dos dientes, cuatro dientes y boca llena, respectivamente, valores inferiores pero con el mismo comportamiento respecto a la disminución conforme avanza la edad de las alpacas.

4.2.3. Índice de curvatura

En la Tabla 4, se muestra el índice de curvatura de fibra en alpacas de uno a ocho años de edad.

Tabla 4. Índice de curvatura de fibra ($^{\circ}$ /mm) en alpacas Huacaya hembras de uno a ocho años de edad del IIPC.

Edad (año)	n	Promedio	Valores extremos	
			Mínimo	Máximo
Uno	20	42.39 ^a	29.60	54.70
Dos	20	40.63 ^{ab}	28.30	51.00
Tres	20	39.74 ^{ab}	23.20	53.90
Cuatro	20	39.70 ^{ab}	29.00	61.10
Cinco	20	37.88 ^{ab}	20.30	50.70
Seis	20	37.54 ^{ab}	28.70	48.70
Siete	20	36.43 ^b	28.60	48.90
Ocho	20	36.06 ^b	27.30	53.80
Total	160	38.79	20.30	61.10

Las letras diferentes indican diferencia estadística ($P \leq 0,05$) a la prueba de Duncan

El índice de curvatura fue de 38.79 °/mm en alpacas Huacaya hembras del IIPC, los valores disminuyen conforme avanza la edad de la alpaca de 42.39 °/mm a la primera esquila hasta 36.06 °/mm a la octava esquila, al análisis de variancia (anexo 4) existe diferencia altamente significativa en el parámetro evaluado ($P \leq 0.01$).

Los resultados son superiores a los reportados por Manso (2011) en alpacas Huacaya procedentes de Huancavelica quien reporta valores de 37.25 °/mm, 38.87 °/mm 40.12 °/mm y 35.32 °/mm en alpacas diente de leche, dos dientes, cuatro dientes y boca llena, respectivamente.

Este parámetro, ha sido estudiado muy poco en el Perú, pero se ha estudiado más en Australia, Nueva Zelanda y EEUU. Liu *et al.* (2004) 28.0 °/mm; Wang *et al.* (2004) 32.00 °/mm; Lupton *et al.* (2006) 32.20 °/mm y McGregor (2006) 27.8 °/mm, respectivamente, los valores encontrados en estos países son bajos, debido a que los parámetros de diámetro de fibra son superiores al presente trabajo de investigación por lo tanto el índice de curvatura reportado por dichos autores son inferiores. De igual manera los resultados obtenidos fueron superiores a lo reportado por Quispe (2010) quien encuentra valores de 38.8 grad/mm.

En cambio, Marín (2007), encuentra valores de 47.14 grad/mm en alpacas de un año de edad. La diferencia obtenida probablemente se debe al tamaño de muestra utilizado y a la categoría del animal. Al respecto, Mamani (2010); Fish *et al.* (1999); Mike (2006), manifiestan que el diámetro de fibra cumple un rol muy importante en la determinación del índice de curvatura es así que fibras con alta curvatura tienen un menor diámetro. La curvatura del rizo está relacionada con

la frecuencia del número de rizos, cuando la curvatura es menor a 20 grad/mm se describe como curvatura baja, sí la curvatura se encuentra en un rango de 40 - 50grad/mm se le considera una curvatura media y cuando sobrepasa los 50grad/mm es considerada como una curvatura alta (Holt, 2006).

Al realizar una comparación del índice de curvatura en diferentes especies, se demostró que estos valores están relacionados inversamente al diámetro de fibra (Fish *et al.*, 1999). En EE.UU. Se encontró en alpacas, valores de 34.6 grad/mm, 33.7 grad/mm, 29.4 grad/mm en animales de uno, dos y más de dos años de edad, de igual manera las hembras tienen 33.4 grad/mm y machos 32.8 grad/mm (Lupton *et al.*, 2006). En Perú También se reportó índice de curvatura en alpacas de un año 54.70 en machos y 54.01 en hembras (Siguayro y Aliaga, 2010). En alpacas Huacaya blanco en zonas alto andinas de Apurímac, Vásquez *et al.* (2015) reporta valores de 35.8 ± 0.5 °/mm; 36.9 ± 0.8 °/mm; 37.6 ± 0.7 °/mm y 38.2 ± 0.7 °/mm en alpacas diente de leche, dos dientes, cuatro dientes y boca llena, respectivamente, valores similares al presente estudio.

Contrariamente en alpacas Huacaya blanco en zonas alto andinas de Apurímac, Vásquez *et al.* (2015) reporta valores de 35.8 ± 0.5 °/mm; 36.9 ± 0.8 °/mm; 37.6 ± 0.7 °/mm y 38.2 ± 0.7 °/mm en alpacas diente de leche, dos dientes, cuatro dientes y boca llena, respectivamente, valores similares al presente estudio. En alpacas Huacaya del distrito de Corani Flores *et al.* (2015) reporta valores de 40.87 ± 7.09 °/mm, 41.51 ± 6.75 °/mm y 41.85 ± 6.93 °/mm en alpacas de dos, tres y cuatro años, respectivamente.

4.2.4. Finura al hilado

En la Tabla 5, se muestra la finura al hilado de fibra en alpacas de uno a ocho años de edad.

Tabla 5. Finura al hilado de fibra (μm) en alpacas Huacaya hembras de uno a ocho años de edad del IIPC.

Edad (año)	n	Promedio \pm EE	Valores extremos	
			Mínimo	Máximo
Uno	20	20.39 \pm 0.54 ^e	16.77	26.45
Dos	20	22.53 \pm 0.81 ^d	18.30	29.91
Tres	20	22.91 \pm 0.65 ^{dc}	18.15	29.04
Cuatro	20	23.92 \pm 0.68 ^{bdc}	18.18	28.38
Cinco	20	24.71 \pm 0.80 ^{abc}	19.82	33.04
Seis	20	25.09 \pm 0.66 ^{ab}	21.34	34.03
Siete	20	25.58 \pm 0.76 ^{ab}	20.36	35.27
Ocho	20	26.32 \pm 0.69 ^a	21.42	31.02
Total	160	23.93 \pm 0.28	16.77	35.27

Las letras diferentes indican diferencia estadística ($P \leq 0,05$) a la prueba de Duncan

La finura al hilado fue de $23.93 \pm 0.28 \mu\text{m}$ en alpacas Huacaya hembras del IIPC, los valores incrementaron conforme avanza la edad de la alpaca de $20.39 \pm 0.54 \mu\text{m}$ a la primera esquila hasta $26.32 \pm 0.69 \mu\text{m}$ a la octava esquila, al análisis de variancia (anexo 5) existe diferencia altamente significativa en el parámetro evaluado ($P \leq 0.01$). El menor valor corresponde a alpacas de un año ($20.39 \pm 0.54 \mu\text{m}$), respecto a alpacas de cinco ($24.71 \pm 0.80 \mu\text{m}$), seis ($25.09 \pm$

0.66 μm), siete ($25.58 \pm 0.76 \mu\text{m}$) y ocho años de edad ($26.32 \pm 0.69 \mu\text{m}$) ($P \leq 0.05$)

Los valores de la finura al hilado son superiores a alpacas Huacaya blanco en zonas alto andinas de Apurímac por grupos etarios reportados por Vásquez *et al.* (2015) cifrando valores de $17.4 \pm 0.2 \mu\text{m}$; $19.2 \pm 0.2 \mu\text{m}$; $20.2 \pm 0.3 \mu\text{m}$ y $21.6 \pm 0.3 \mu\text{m}$ en alpacas diente de leche, dos dientes, cuatro dientes y boca llena, respectivamente; incrementándose conforme avanza la edad similar comportamiento al presente estudio. La finura al hilado estaría relacionada directamente con el diámetro medio de fibra por lo tanto también se incrementa conforme avanza la edad.

Al evaluar características tecnológicas de la fibra de llama la finura al hilado (FH) antes y después de descordar fue de $22.17 \pm 0.25 \mu\text{m}$ y descordada de $21.11 \pm 0.22 \mu\text{m}$ tal como refiere Layme *et al.* (2016).

V. CONCLUSIONES

El promedio del diámetro medio de fibra fue de $23.75 \pm 0.29 \mu\text{m}$ en alpacas Huacaya hembras del Instituto de Investigación y Promoción de Camélidos Sudamericanos y muestra variación con la edad de la alpaca

Las características textiles como el coeficiente de variación del diámetro medio de fibra fue de 24.85 %, el factor de confort de 86.49 %, el índice de curvatura de 38.79 °/mm y la finura al hilado de $23.93 \pm 0.28 \mu\text{m}$ en alpacas Huacaya hembras del Instituto de Investigación y Promoción de Camélidos Sudamericanos, en general los parámetros evaluados muestran variaciones con la edad de la alpaca.

VI. RECOMENDACIONES

Partir de esta línea de base para empezar un programa de mejoramiento genético en alpacas y seguir con investigaciones de este tipo para contribuir a las futuras investigaciones que se puedan realizar respecto al tema.

Realizar trabajos de investigación en alpacas Huacaya blanco y color procedentes de la zona agroecológica de puna seca.

VII. REFERENCIAS

- Aylan - Parker, J. y B. McGregor. 2002. Optimización de técnicas de muestreo y la estimación de varianza muestral de la lana en los atributos de calidad en alpacas. *Small Rumin Res* 44, 53-64.
- Baxter, B. and D. Cottle. 1997. Fiber diameter distribution characteristics of midside (fleece) samples and their use in sheep breeding. International Wool Organisation Technical Committee Meeting, Boston, USA.
- Baxter, B., M. Brims, T. B. Taylor. 1992. Description and performance of the optical fiber diameter analyser (OFDA). *Journal Textile Institute* 83, 507-526.
- Baxter, B. P. 2002. Comparisons between OFDA, Airflow and Laser scan on raw merino wool – proposal to amend IWTO -47, IWITO Raw Wool Group Report 03, Nice, Nov. 2002.
- Bardsley, P. 1994. The collapse of the Australian wool reserve pricescheme.
- Bryant, F. C., A .Florez and J. Pfister. 1989. Sheep and alpaca productivity on high Andean range lands in Peru.

- Brenes, E., F. Madrigal, K. Pérez, Valladares. 2001. El Clúster de los camélidos en Perú: Diagnostico competitivo y recomendaciones estratégico. Instituto Centro americano de Administración de Empresas. [http://www.caf.Com/attach/4default/ Camélidos Perú](http://www.caf.Com/attach/4default/Camélidos Perú).
- Bustinza, V. 1984. Rendimiento del vellón de la Alpaca. Problemática Sur Andina N° 7. IIDSA – Universidad Nacional del Altiplano. Puno. Perú.
- Bustinza, A. V., R. Sapana, G. Medina. 1985. Crecimiento de la Fibra de Alpaca Durante el Año. In. Mem. Proyecto Piel de Alpaca, informe final. Universidad Nacional del Altiplano. Puno. Perú.
- Bustinza, V. 2001. La alpaca, conocimiento del gran potencial andino. Edit. Univ. Nac. Del Altiplano, Puno, Perú.
- Carhuapoma, M. y A. Sáenz. 2009. Efecto de la condición corporal sobre el peso de vellón y finura de fibra en alpacas Huacaya (*vicugna pacos*) color blanco en la región Huancavelica. Tesis. Ing. Zoot. Huancavelica. Perú.
- Calle, R. 1982. Producción y Mejoramiento de la Alpaca UNA - La Molina. Lima - Perú.
- Cisneros, 2008. Diámetro de fibra y porcentaje de pelos en alpacas Huacaya de Canchis- Cusco. Tesis Med. Vet. Zoot. UNA - Puno.
- Carpio, M.1991. La fibra de camélidos. En C. Novoa y A. Flórez (Eds.), Producción de rumiantes menores: alpacas (pp. 295 - 356). RERUMEN. Lima. Perú.
- Charcas, H. 1997. Identificación de alpacas sobresalientes para producción de Fibra como base para la formación de un rebaño élite. Tesis de grado. Edit. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz Bolivia.
- Checmapocco O. 2013. Peso de vellón y efecto del sexo y zona corporal en el diámetro de fibra, coeficiente de variabilidad del diámetro de fibra y factor de confort en alpacas Suri a la primera esquila de la Asociación Urinsaya Puna Nuñoa. Tesis FMVZ.

- Cordero, A., M. Jurado, P. Castrejon, Y. Mayhua, J.L. Contreras. 2009. Influencia de la Edad y del Estado Reproductivo sobre las Características Productivas y su Relación en Alpacas Huacaya. Universidad Nacional de Huancavelica. I Concurso de subvención de proyectos de Investigación Científica y Tecnológica con Recursos del FOCAM.
- Cottle, D. J. 2010. Wool preparation and metabolism. In: Cottle, D.J. (Editor), International Sheep and Wool Handbook. Nottingham University Press, Nottingham
- Del Carpio, P. 1989. Diámetro de fibra, longitud de fibra y rendimiento de vellón en alpacas Huacaya a diferentes altitudes. Tesis. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNA-Puno. Perú.
- De Los Ríos, E. 2006. Producción textil de la fibra de camélidos sudamericanos en el área altoandina de Bolivia, Ecuador y Perú. Organización de las Naciones Unidas para el desarrollo industrial (UNIDO).
- Edriss, M. A., G.Dashab, A. Ghareh, M.A. Nilforoosha,H. Movassagh.2007. A study of some physical attributes of Naeini sheep wool for textile industry. Pakistan J. Biol. Sci.
- Elvira, M. 2017. Presentación del instrumento de medición de finura OFDA 2000. Sitio Argentino de producción animal.
- FAO. 2005. Situación actual de los camélidos sudamericanos en el Perú. Proyecto de Cooperación Técnica en apoyo a la crianza y aprovechamiento de los camélidos sudamericanos en la Región Andina.
- FAO, 2008. Agricultura y ganadería altoandina severamente afectadas por las bajas temperaturas en la sierra Peruana comienzan su recuperación. Programa de Emergencias de la FAO en el Perú. Nota de prensa.
- Fish, V.E., T.J. Mahar y B.J. Crook. 1999. Fiber curvature morphometry and measurement. International WoolTextileOrganization. Nice Meeting. Report N° CTF 01.

- Fernandez, E; Maquera, Z. 2012. Diámetro de fibra e índice de picazón y confort en alpacas hembras de raza suri en puna húmeda. Revista ALLPAK´A del Instituto de Investigación y Promoción de Camélidos Sudamericanos 16: 59-67.
- Flórez, A., F. C. Bryant, E. Malpartida, J. Gamarra, y J .Arias. 1986. Comparación de los sistemas de pastoreo continuo y rotativo con ovinos en praderas nativas Altoandinas. Texas tech. Univ. Edit. And. Univ. Agrar. La Molina. Rep. Tec. N° 81.
- Flores W. B. Calsin y E. Fernández. 2015. Diámetro de fibra, índice de confort e índice de curvatura en alpacas Huacya del Distrito de Corani-Carabaya. Revista Allpak`a. Vol 18 N° 1 pag 51-63.
- Franco, F. E. 2006. Efecto alimenticio sobre el rendimiento y calidad de fibra en alpacas. Tesis de Magister en Producción y reproducción Animal. Lima: Edit. Univ. Nac. Mayor de San Marcos.
- Franco, F., F. San Martin, M. Ara, L. Olazábal, F. Carcelén. 2009. Efecto del nivel alimenticio sobre el rendimiento y calidad de fibra en alpacas.
- González, H., L. Carlos, R. Velarde, R. Rosadio, W. García, C. Gavidia. 2008. Evaluación de un método numérico de medición del diámetro de la fibra de alpaca, Rev. Inv. Vet. Peru; 19(1):1-8.
- Gillespie, J. R., F.B. Flanders. 2010. Modern livestock and poultry production, 8th Edition, Delmar Cengage Learning, Clifton Park, NY.
- Gutiérrez, J., F .Goyache, A. Burgos, I. Cervantes. 2009. Genetic analysis of six production traits in Peruvian alpacas. Livestock Science.123:193-197.
- Grishanov, S.A., R.J. Harwood, I. Booth. 2006. A method of estimating the single flax fiber fineness using data from the Laser Scan system. Industrial Cropsand Products.
- Hatcher, S., K.D. Atkins. 2000. Breeding objectives which include fleece weight and fibre diameter do not need fibre curvature. Asian-Austral. J. Anim. Sci., 13, 293-296.

- Hansford, K. A. 1997. Wool strength and topmaking. Wool Technology and Sheep Breeding.
- Hansford, K. A., J.W. Marler and M. McLachlan. 2002. Using OFDA 2000 and FLEECESCAN to prepare lots for sale and sheep selection: a case study, paper 35, Wool Industry Science Technology Conference, October 2002, Hamilton, Victoria, Australia.
- Holt, C. 2006. A Survey of the Relationships of Crimp Frequency, Micron, Character and Fiber Curvature. A Report to the Australian Alpaca Ass.
- Hoffman, E. 2003. Fiber. In: The complete alpaca book. USA: Ed. Bonny Doon. p 235-322.
- Hoffman, E. and M. Fowler. 1995. Fiber. In: The alpaca book. USA: Ed. Clay Press. p 44-84.
- Huamani, R. y C. E. Gonzales. 2004. Efecto de la edad y el sexo en los parámetros físicos de la fibra de alpaca (lama pacos) Huacaya en Huancavelica Tesis. Edt. UNH. Huancavelica, Perú. p 80.
- Huanca, T., N. Apaza y A. Lazo. 2007. Evaluación del Diámetro de Fibra en Alpacas de las Comunidades de los Distritos de Cojata y Santa Rosa – Puno. APPA - ALPA - Cusco, Perú.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. IV censo nacional agropecuario 2012 (IV CENAGRO).
- Iñiguez, LC; Alem, R; Wauer, A; Mueller, J. 1998. Fleece types, fiber characteristics and production system of an outstanding llama population from Southern Bolivia. Small Ruminant Research 30: 57-65.
- Kadwell, M., M. Fernandez, H.F. Stanley, R. Baldi, C. Wheeler, R. Rosario and M.W. Brufort. 2001. Genetic analysis reveals the will dancestors of the llama and the alpaca.
- Kelly, M. J., A. A. Swan, K.D. Atkins. 2007. Optimal use of on-farm fiber diameter measurement and its impact on production in commercial Merino flocks. Aust. J. Expt. Agric.

- Lee, G.J., K.J. Thornberry, A.J. Williams. 2001. The use of thyroxineto reduce average fibre diameter in fleece wool when feedin takeis increased. Aust.
- Liu X., L. Wang andX. Wang. 2004. Evaluating the Softness of Animal Fibers.
- Lupton, C. J., and A. McColl, R. Stobart. 2006. Fiber characteristic of the Huacaya alpaca Elsevier science.
- Mamani, A. 2009 Correlación entre el diámetro, densidad y rizo de la fibra de alpaca Huacaya hembra según región corporal.(V Congreso mundial sobre camélidos Riobamba Ecuador 2009 Resúmenes y trabajos).
- Marin, E. 2007. Efecto del sexo sobre las características tecnológicas y productivas en alpacas tuis para su uso en la industria textil. Tesis de Magíster Scientiae en Producción Animal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú.
- McLennan, N. y R .Lewer. 2005. Wool production Coefficient of variation of fiber diameter (CVFD).
- McColl, A. 2004.Methods for measuring microns. Alpacas Magazine. Herd Sire 164-168.
- McGregor, B.A. 2006. Production attributes and relative value of alpaca Fleeces in southern Australia and implications for industry development Small Rumin Res 61, 93-111.
- McGregor, B.A., and K. L. Butler.2004. Sources of variation in fiber diameter attributes of Australian alpacas and implications for fleece evaluation and attributes of Australian alpacas and implications for fleece evaluation and animal selection. Australian journal of Agricultural Res 55, 433-442.
- Montes, M., I. Quicaño, E. C. Quispe, L. Alfonso. 2008. Características de la fibra de alpaca Huacaya producida en la región Altoandina de Huancavelica, Perú. Grafica Ind. E.I.R.L. Huancayo.
- Morante, R., F. Goyache, A. Burgos, I. Cervantes, M.A. Péres-Cabal, J. P. Gutiérrez. 2009. Genetic improveente for alpaca fiber production in the Peruvian Altiplano: the Pacamarca experience.

- Mueller, J. 2007. Novedades en la determinación de diámetros de fibra y su Fibra y su relevancia en programas de selección INTA Bariloche.
- Mueller, J. P. 2008. Special Animal Fibers in South América. Comunicación Técnica INTA EEA Bariloche Nro. PA 536, 5p.
- Ormachea, E. 2012. Características de la fibra de alpaca analizadas con el método OFDA 2000. Revista ALLPAK´A del Instituto de Investigación y Promoción de Camélidos Sudamericanos 16: 83-92.
- Pacco, C. 2010. Diámetro de fibra, numero de rizos y porcentaje de pelos en alpacas reproductores de plantel Huacaya del SPAR Macusani. Tesis Med. Vet. Zoot.UNA Puno.
- Poppi, D. P., S.R. McLennan. 2010. Nutritional research to meet future challenges. Anim. Prod. Sci.
- Ponzoni, R.W. 2000. Genetic improvemet of Australian Alpacas: present state and potencial developments. Proc. Aust. Alpaca Assoc. p 71-96
- Ponzoni, R. W., R.J. Grimson, J.A .Hill, D.J. Hubbard, B.A. McGregor, A.Howse, I. Carmichaeland G.J. Judson. 2006. The inheritance of and association among some production traits in young Australian alpacas.
- Quispe, E. C., Flores, A., y Guillen, H. 2007. I Simposium Internacional de Biotecnología aplicada en camélidos sudamericanos. Grafica Huancayo-Perú.
- Quispe, E.C., R. Paucar, A. Poma, D. Sachero, J. Mueller. 2008. Perfil de diámetro de fibra en alpacas. Seminario Internacional de Biotecnología aplicada en Camélidos Sudamericanos. Universidad Nacional de Huancavelica. Perú.
- Quispe, E.C., A. Flores, y J. Mueller. 2009. La fibra de la alpaca: contribución de su conocimiento a través del proyecto contrato nº2006-00211-INCAGRO.
- Quispe, E.C. 2010. Evaluación de características productivas y textiles de la fibra de alpacas Huacaya de la región de Huancavelica, Perú. Libro de

- Conferencias Magistrales del International Symposium on Fiber South American Camelids. Huancavelica-Perú.
- Rodríguez, T. 2006. Producción de fibra de camélidos, calidad de fibra de llama descordada y clasificada. Edit. Instituto de Investigaciones Agropecuarias Facultad de Agronomía, UMSA (Bolivia).
- Rowe, J. B. 2010. The Australian sheep industry – undergoing transformation. Anim. Prod. Sci.
- Rogers, G. E. 2006. Biology of the wool follicle: annexation into a unique tissue interaction system waiting to be re-discovered.
- Sacchero, D. 2008. Biotecnología aplicada en camélidos sudamericanos. Grafica Industrial IERL - Huancayo- Perú.
- Safley, M. 2006. “Wool Technology and Sheep Breeding, 2002 50(4)” with permission of Australian Wool Testing Authority, Limited. Copyright © 2002 AWTA, Ltd. www. *Journal alpaca of fiber*.
- Siguayro, R. y A. Gutiérrez. 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.
- Solis, R.H. 1991. Tecnología de lanas y fibras animales especiales. Primera Edición. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UNDAC. Cerro de Pasco. Perú.
- San Martín, F., y F. E. Franco. 2007. Efecto del nivel alimenticio sobre el rendimiento y calidad de fibra en alpacas. Edit. Sirivs Universidad Nacional Mayor de San Marcos Lima-Perú.
- SPAR - CEPES. 2006. MISKIPAQU, Boletín informativo N° 8. Jesús María Lima.
- Skinner, D. 2005. Snow Mass Alpacas; Brochure. The making the champion part II. EE.UU.

- Vásquez, RA; Gómez, OE; Quispe, EC. 2015. Características Tecnológicas de la Fibra Blanca de Alpaca Huacaya en la Zona Altoandina de Apurímac. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú 26(2): 213-222.
- Velarde, L. y J. Guerrero. 2001. Improving quantity and quality of alpaca fiber; using simulation model for breeding strategies. saad iii: in proceeding tirad international symposium in systems approachs for agricultural. Development. SAAD III. Lima.
- Vilcanqui, H. 2008. Efecto de la edad y el sexo sobre las características tecnológicas de la fibra de vicuña en la provincia de Castrovirreyna – Huancavelica. Tesis de Magíster Scientiae en Producción Animal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú.
- Wang, L.J., X.Liu, X.G. Wang.2004. Changes in fiber curvature during the processing of wool and alpaca fibres and their blends. College of Textiles.
- Warn, L.K., K.B. Geenty, S.McEachern. 2006. Wool meetsmeat: Tools for a modern sheep enterprise. In: Cronjé, P., Maxwell, D.K. (Eds.), Australian Sheep Industry Cooperative Research Centre Conference, Orange, Australia.
- Wood, E. 2003. Textile properties of wool and other fibers. Wool Tech. Sheep Breed.
- Wuliji, T., G.H. Davis, K. G. Dodds, R. Turner, R.N. Andrews and G. D. Bruce. 2000. Production performance, repeatability and heritability estimates for live weight, fleece weight and fiber characteristics of alpaca in New Zeland. Small Rumin. Res., 37:189-201.



ANEXOS

Anexo 1: Diámetro medio de fibra (um) en alpacas Huacaya del IIPC

N°	Uno	Dos	Tres	Cuatro	Cinco	Seis	Siete	Ocho
1	16.50	18.20	18.90	18.90	19.60	21.60	21.30	21.50
2	19.30	20.60	22.40	23.30	23.90	23.90	25.00	25.40
3	18.50	20.00	20.90	21.60	22.10	23.40	23.40	23.90
4	19.70	21.40	22.80	24.30	24.60	25.10	26.40	27.20
5	17.50	18.90	19.30	19.10	21.10	21.60	21.80	21.50
6	20.10	22.30	24.40	26.00	25.00	26.30	27.00	28.50
7	16.20	17.80	18.10	18.60	19.50	21.50	20.40	21.20
8	21.20	25.40	26.10	26.30	26.80	26.80	28.10	29.50
9	18.70	20.50	22.00	23.10	23.70	23.90	24.50	24.80
10	18.00	19.10	19.40	20.80	21.70	21.60	21.90	22.50
11	22.40	25.60	26.20	26.90	26.90	27.00	28.30	29.70
12	25.80	28.50	20.90	28.70	31.00	33.00	34.10	31.10
13	19.70	21.80	23.40	25.30	24.80	26.00	26.70	27.90
14	24.10	28.40	28.30	28.60	30.30	29.40	29.90	30.70
15	18.40	19.20	19.40	21.10	21.90	22.60	22.60	22.80
16	18.60	20.40	21.60	22.00	33.50	23.70	24.10	24.40
16	22.70	26.70	26.30	28.10	27.30	29.00	28.90	30.50
17	20.60	22.80	24.80	26.10	26.10	26.60	27.70	29.20
19	19.60	20.70	22.60	23.70	24.00	23.90	25.40	25.70
20	19.70	20.80	22.70	23.90	24.20	24.20	25.50	26.50
PROMEDIO	19.87	21.96	22.53	23.82	24.90	25.06	25.65	26.23
DS	2.42	3.27	2.83	3.18	3.68	3.02	3.36	3.32
CV	12.18	14.88	12.58	13.36	14.79	12.04	13.11	12.68
EE	0.54	0.73	0.63	0.71	0.82	0.67	0.75	0.74
MAXIMO	25.80	28.50	28.30	28.70	33.50	33.00	34.10	31.10
MINIMO	16.20	17.80	18.10	18.60	19.50	21.50	20.40	21.20

Anexo 2. Coeficiente de variación del diámetro medio de fibra (%) en alpacas Huacaya del IIPC.

N°	Uno	Dos	Tres	Cuatro	Cinco	Seis	Siete	Ocho
1	30.10	24.60	26.10	26.10	25.20	27.20	22.50	30.10
2	26.90	24.90	23.80	29.40	24.10	23.70	20.90	24.70
3	24.00	23.40	23.50	22.80	21.20	25.40	24.20	27.50
4	25.20	24.70	28.70	23.50	24.60	23.50	25.50	24.80
5	22.80	24.90	28.10	25.40	23.10	24.10	30.70	23.60
6	31.30	23.40	31.70	23.00	19.30	22.50	23.50	22.10
7	27.60	27.00	24.30	21.50	28.00	23.20	23.80	26.40
8	26.60	29.40	21.90	20.90	19.50	21.20	22.70	25.20
9	26.10	33.40	20.20	26.80	22.50	24.90	23.60	24.00
10	29.50	27.90	24.40	24.20	22.40	26.40	24.00	24.20
11	25.20	28.90	24.50	22.50	21.70	22.00	21.80	24.50
12	26.60	28.70	26.60	22.80	24.50	27.20	27.50	23.10
13	27.70	24.50	29.10	27.50	21.20	23.00	21.60	23.00
14	24.80	29.30	26.70	21.00	21.50	20.80	20.70	20.90
15	26.70	22.40	31.20	28.30	23.30	23.00	24.60	26.70
16	28.80	30.70	25.20	24.00	22.50	24.10	21.50	25.80
16	25.30	25.30	24.30	21.80	26.30	22.20	21.30	25.80
17	26.10	24.20	26.00	26.40	24.90	21.10	23.70	22.40
19	23.50	25.70	21.40	25.50	24.30	25.40	23.00	21.00
20	29.60	26.20	26.00	26.30	24.10	31.50	26.30	23.50
PORCENTAJE	26.72	26.48	25.69	24.49	23.21	24.12	23.67	24.47
MAXIMO	31.30	33.40	31.70	29.40	28.00	31.50	30.70	30.10
MINIMO	22.80	22.40	20.20	20.90	19.30	20.80	20.70	20.90

Anexo 3. Factor de confort (%) de fibra de alpacas Huacaya del IIPC

N°	Uno	Dos	Tres	Cuatro	Cinco	Seis	Siete	Ocho
1	98.70	96.90	98.30	97.50	96.50	94.70	95.70	91.40
2	97.10	90.30	98.00	93.00	90.30	92.90	88.70	82.90
3	98.20	96.80	97.50	94.70	95.60	90.20	90.00	89.90
4	97.10	93.80	95.00	87.30	87.80	86.30	79.90	79.90
5	98.90	96.70	97.00	97.40	96.00	94.00	91.40	94.60
6	95.20	89.20	94.70	81.20	90.20	84.40	79.00	66.80
7	98.90	99.00	98.00	98.30	96.20	96.10	97.30	22.80
8	94.90	86.20	87.20	83.50	81.70	79.00	69.90	66.40
9	97.60	93.50	93.70	93.50	91.20	89.70	90.00	86.70
10	97.00	96.90	96.10	96.20	95.60	92.30	93.40	93.00
11	94.50	82.60	82.70	79.00	76.00	78.70	72.50	63.00
12	80.10	96.80	68.30	69.40	55.30	47.60	39.90	54.20
13	95.70	91.10	94.00	85.00	88.70	83.60	83.70	74.40
14	89.40	70.40	68.80	67.80	59.20	65.60	62.30	53.70
15	97.90	95.90	98.20	91.80	95.50	94.00	92.50	92.40
16	96.90	94.00	94.50	95.10	91.80	91.10	91.10	88.40
16	92.20	81.40	76.60	71.60	79.00	65.00	70.00	60.40
17	95.70	87.60	89.80	83.90	82.70	82.60	76.40	67.00
19	97.60	91.00	95.30	91.90	88.10	90.40	84.20	85.60
20	95.70	91.30	94.20	90.20	89.60	87.30	85.20	81.60
PORCENTAJE	95.47	91.07	90.90	87.42	86.35	84.28	81.66	74.76
MAXIMO	98.90	99.00	98.30	98.30	96.50	96.10	97.30	94.60
MINIMO	80.10	70.40	68.30	67.80	55.30	47.60	39.90	22.80

Anexo 4. Índice de curvatura (°/mm) de fibra de alpacas Huacaya del IIPC

N°	Uno	Dos	Tres	Cuatro	Cinco	Seis	Siete	Ocho
1	54.70	51.00	53.90	61.10	42.90	38.90	42.60	47.60
2	45.00	40.20	45.40	40.80	32.30	34.70	35.00	35.70
3	51.30	41.30	44.80	41.60	35.20	44.00	42.60	39.90
4	48.10	38.00	30.60	45.50	44.10	36.80	45.60	35.40
5	46.70	50.30	45.30	48.40	45.30	47.10	44.30	53.80
6	43.60	36.90	36.00	38.80	36.90	28.90	34.00	28.60
7	54.30	43.70	48.40	37.90	50.70	48.70	37.70	43.50
8	29.60	40.70	34.30	36.10	35.00	28.70	32.70	30.70
9	45.30	40.20	41.10	40.40	20.30	45.40	35.40	37.40
10	49.70	41.30	47.60	41.70	47.60	48.50	38.00	39.40
11	31.70	35.30	40.40	35.00	35.60	32.30	29.90	30.00
12	51.30	32.50	23.20	29.00	30.20	29.70	32.50	29.30
13	33.30	44.00	37.50	46.30	35.20	41.30	31.70	33.80
14	31.00	28.30	34.50	30.30	28.60	28.80	28.90	35.20
15	54.30	41.80	42.80	38.70	42.50	46.10	28.60	43.90
16	36.90	47.30	42.90	39.20	36.50	34.90	28.70	28.20
16	31.80	30.70	31.50	34.20	33.30	31.10	34.70	30.90
17	31.50	37.60	30.10	32.90	35.60	31.60	37.70	27.30
19	42.40	48.60	43.00	38.70	40.40	40.60	48.90	38.70
20	35.20	42.80	41.50	37.30	49.30	32.60	39.10	31.80
PROMEDIO	42.39	40.63	39.74	39.70	37.88	37.54	36.43	36.06
DS	8.94	6.12	7.45	7.06	7.53	7.16	5.96	7.09
CV	21.09	15.07	18.75	17.78	19.89	19.07	16.36	19.67
EE	2.00	1.37	1.67	1.58	1.68	1.60	1.33	1.59
MAXIMO	54.70	51.00	53.90	61.10	50.70	48.70	48.90	53.80
MINIMO	29.60	28.30	23.20	29.00	20.30	28.70	28.60	27.30

Anexo 5. Finura al Hilado de fibra (um) de alpacas Huacaya del IIPC

N°	Uno	Dos	Tres	Cuatro	Cinco	Seis	Siete	Ocho
1	17.52	18.30	19.28	19.28	19.82	22.27	21.01	22.83
2	19.84	20.77	22.35	24.57	23.92	23.83	24.31	25.56
3	18.50	19.89	20.80	21.36	21.55	23.71	23.44	24.72
4	19.92	21.54	23.87	24.18	24.74	24.98	26.77	27.40
5	17.31	19.06	20.08	19.35	20.92	21.62	23.30	21.42
6	21.61	22.17	26.35	25.76	23.99	25.94	26.87	28.01
7	16.77	18.32	18.15	18.18	20.27	21.34	20.36	21.69
8	21.73	26.78	25.60	25.58	25.76	26.13	27.76	29.83
9	19.08	22.54	21.27	23.73	23.37	24.10	24.41	24.80
10	19.00	19.83	19.47	20.84	21.38	22.10	21.90	22.54
11	22.65	26.85	26.32	26.53	26.34	26.51	27.74	29.83
12	26.45	29.83	21.42	28.38	31.14	34.03	35.27	30.84
13	20.42	21.90	24.60	26.17	24.18	25.76	26.12	27.64
14	24.28	29.91	29.04	27.84	29.62	28.57	29.03	29.85
15	18.88	18.92	20.84	22.00	21.76	22.39	22.72	23.39
16	19.49	21.80	21.84	22.00	33.04	23.72	23.56	24.82
16	22.98	27.03	26.37	27.54	27.90	28.52	28.20	31.02
17	21.01	22.84	25.27	26.70	26.32	25.91	27.62	28.77
19	19.51	21.03	22.07	24.04	24.06	24.22	25.16	25.01
20	20.81	21.24	23.13	24.43	24.22	26.08	26.06	26.37
PROMEDIO	20.39	22.53	22.91	23.92	24.72	25.09	25.58	26.32
DS	2.41	3.62	2.91	3.02	3.58	2.97	3.38	3.09
CV	11.80	16.06	12.71	12.64	14.47	11.82	13.20	11.74
EE	0.54	0.81	0.65	0.68	0.80	0.66	0.76	0.69
MAXIMO	26.45	29.91	29.04	28.38	33.04	34.03	35.27	31.02
MINIMO	16.77	18.30	18.15	18.18	19.82	21.34	20.36	21.42

Anexo 6. ANVA PARA DIAMETRO MEDIO DE FIBRA

Source	Sum of				
	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	651.638438	93.091205	9.34	<.0001
Error	152	1514.281500	9.962378		
Corrected Total	159	2165.919938			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	NUM Mean
0.300860	13.29013	3.156324	23.74938

Duncan	Mean	N	TRAT
Grouping			
A	26.2250	20	8
B A	25.6500	20	7
B A	25.0550	20	6
B A	24.9000	20	5
B C	23.8200	20	4
C	22.5250	20	3
C	21.9550	20	2
D	19.8650	20	1

Anexo 7. ANVA PARA COEFICIENTE DE VARIACION DEL DIAMETRO MEDIO DE FIBRA

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	7	234.619750	33.517107	5.26	<.0001
Error	152	968.158000	6.369461		
Corrected Total	159	1202.777750			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	NUM Mean
0.195065	10.15452	2.523779	24.85375

Duncan	Mean	N	TRAT
Grouping			
A	26.7200	20	1
A	26.4750	20	2
B A	25.6850	20	3
B C	24.4850	20	4
B C	24.4650	20	8
B C	24.1200	20	6
C	23.6700	20	7
C	23.2100	20	5

Anexo 8. ANVA PARA FACTOR DE CONFORT

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	7	5755.99500	822.28500	6.27	<.0001
Error	152	19935.56900	131.15506		
Corrected Total	159	25691.56400			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	NUM Mean
0.224042	13.24194	11.45229	86.48500

Duncan	Mean	N	TRAT
Grouping			
A	95.465	20	1
B A	91.070	20	2
B A	90.895	20	3
B C	87.415	20	4
B C	86.350	20	5
B C	84.275	20	6
D C	81.655	20	7
D	74.755	20	8

Anexo 9. ANVA PARA INDICE DE CURVATURA

Source	Sum of				
	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	669.496000	95.642286	1.84	0.0840
Error	152	7913.915000	52.065230		
Corrected Total	159	8583.411000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	NUM Mean
0.077999	18.60056	7.215624	38.79250

Duncan	Mean	N	TRAT
Grouping			
A	42.385	20	1
B A	40.625	20	2
B A	39.740	20	3
B A	39.695	20	4
B A	37.875	20	5
B A	37.535	20	6
B	36.430	20	7
B	36.055	20	8

Anexo 10. ANVA PARA FINURA AL HILADO

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	7	518.740604	74.105801	7.50	<.0001
Error	152	1501.755665	9.879971		
Corrected Total	159	2020.496269			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	NUM Mean
0.256739	13.13491	3.143242	23.93044

Duncan	Mean	N	TRAT
Grouping			
A	26.3170	20	8
B A	25.5805	20	7
B A	25.0865	20	6
B A C	24.7150	20	5
B D C	23.9230	20	4
D C	22.9060	20	3
D	22.5275	20	2
E	20.3880	20	1