

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE ZOOTECNIA



**“PORCENTAJE DE MEDULACIÓN EN VELLONES DE PRIMERA
ESQUILA DE ALPACAS HUACAYA MACHOS
DEL FUNDO MALLKINI”**

Presentada por:

KAREN MÓNICA RAMÍREZ PERALTA

Tesis para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

Lima – Perú

2023

La UNALM es la titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24. Reglamento de Propiedad Intelectual)

Document Information

Analyzed document	Porcentaje medulación en vellones de primera esquila de alpacas Huacaya machos del Fundo Mallkini.docx (D165736377)
Submitted	5/3/2023 8:29:00 AM
Submitted by	Gustavo A. Gutierrez Reynoso
Submitter email	gustavogr@lamolina.edu.pe
Similarity	0%
Analysis address	gustavogr.unalm@analysis.arkund.com

Sources included in the report

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE ZOOTECNIA
"PORCENTAJE DE MEDULACIÓN EN VELLONES DE PRIMERA ESQUILA DE ALPACAS HUACAYA MACHOS DEL FUNDO MALLKINI"

Presentada por:

KAREN MÓNICA RAMÍREZ PERALTA

Tesis para optar el Título Profesional de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

Lima - Perú

2023

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE ZOOTECNIA

"PORCENTAJE DE MEDULACIÓN EN VELLONES DE PRIMERA ESQUILA DE ALPACAS HUACAYA MACHOS DEL FUNDO MALLKINI"

Presentada por: KAREN MÓNICA RAMÍREZ PERALTA

Tesis para Optar el Título Profesional de: INGENIERO ZOOTECNISTA

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Mg.Sc. Wilder Trejo Cadillo Presidente

----- Ing. Jorge Gamarra Bojórquez Ph.D.

Fritz Trillo Zárate Miembro Miembro

----- Ph.D. Gustavo Gutiérrez Reynoso

Ph.D. Rubén Pinares Huamaní Asesor Co-Asesor

DEDICATORIA

Este logro va dirigido a mis padres Angélica y Gonzalo, y a mis hermanos Zadir y Junior quienes me motivaron y apoyaron en todo momento brindándome su amor incondicional. A mis tías Encarnación y Felicitas, por sus grandes enseñanzas y por ser parte de mi vida.

A mi mejor amigo Bocky, por todos los buenos momentos vividos que quedarán en mi memoria.

AGRADECIMIENTOS

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE ZOOTECNIA

**“PORCENTAJE DE MEDULACIÓN EN VELLONES DE PRIMERA
ESQUILA DE ALPACAS HUACAYA MACHOS
DEL FUNDO MALLKINI”**

Presentada por:

KAREN MÓNICA RAMÍREZ PERALTA

Tesis para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Mg.Sc. Wilder Trejo Cadillo
Presidente

Ing. Jorge Gamarra Bojórquez
Miembro

Ph.D. Fritz Trillo Zárate
Miembro

Ph.D. Gustavo Gutiérrez Reynoso
Asesor

Ph.D. Rubén Pinares Huamaní
Co Asesor

DEDICATORIA

Este logro va dirigido a mis padres Angélica y Gonzalo, y a mis hermanos Zadir y Junior quienes me motivaron y apoyaron en todo momento brindándome su amor incondicional.

A mis tías Encarnación y Felicitas, por sus grandes enseñanzas y por ser parte de mi vida.

A mi mejor amigo Bocky, por todos los buenos momentos vividos que quedarán en mi memoria.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por guiar mis pasos día a día y por permitirme tener tan gratas experiencias dentro de la universidad y mi vida.

A mis padres, hermanos y familia, por su inmenso amor, apoyo y soporte para que continúe cumpliendo mis metas.

Mi eterno agradecimiento al Ph.D. Gustavo Gutiérrez Reynoso, por su apoyo, guía y paciencia ante cualquier duda.

Al Ph.D. Rubén Pinares Huamaní, quien además de ser mi co-asesor lo considero un gran amigo. Asimismo, por su guía y motivación para culminar mi tesis.

Al presidente y miembros de mi jurado, Mg.Sc. Wilder Trejo Cadillo, Ing. Jorge Gamarra Bojórquez y Ph.D. Fritz Trillo Zárate, por la atención y sus valiosos aportes.

Al proyecto VLIR – UOS y PIPS en ovinos y camélidos americanos por hacer posible este gran paso en mi vida. Asimismo, al Laboratorio de Fibras Textiles, Pieles y Cueros “Alberto Pumayalla Díaz – UNALM y a la Ing. Carmen Silva Villavicencio por todo su apoyo.

A mi alma máter, la Universidad Nacional Agraria La Molina, a la Facultad de Zootecnia, a mis profesores y amigos por todas las enseñanzas y experiencias inolvidables en esta gran etapa de mi vida.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1 Generalidades de la alpaca.....	2
2.2 Características de la fibra de alpaca.....	2
2.3 Estructura de la piel	3
2.3.1 Epidermis	3
2.3.2 Dermis.....	4
2.3.3 Hipodermis.....	4
2.4 Tipos de folículos.....	4
2.4.1 Desarrollo de los folículos	5
2.5 Estructura morfológica de la fibra	6
2.5.1 Cutícula	7
2.5.2 Corteza	7
2.5.3 Médula	8
2.6 Clasificación de las fibras según el tipo de médula	9
2.6.1 Asociación de la edad con el porcentaje de medulación.....	10
2.7 Importancia de la medulación en la Industria Textil.....	12
2.8 Características asociadas a finura y uniformidad de fibra	12
2.8.1 Diámetro medio de fibra	12
2.8.2 Desviación estándar del diámetro de fibra.....	13
2.8.3 Coeficiente de variación del diámetro de fibra	14
2.8.4 Factor confort.....	14
III. METODOLOGÍA.....	16
3.1 Lugar	16
3.2 Fase de Campo	16

3.2.1 Obtención de muestras.....	16
3.3 Fase de laboratorio	17
3.4 Fase de análisis de datos	18
3.4.1 Clases de finura del vellón de fibra de alpaca	18
3.4.2 Variables	19
3.5 Análisis estadístico.....	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	22
4.1 Porcentaje de fibras según tipo de medulación.....	22
4.1.1 Porcentaje de medulación en fibras finas y superfinas	23
4.2 Características asociadas a la finura de fibra	24
4.3 Diámetro de fibras según tipo de medulación.....	26
4.4 Correlaciones fenotípicas	27
V. CONCLUSIONES	31
VI. RECOMENDACIONES	32
VII. BIBLIOGRAFÍA	33
VIII. ANEXOS	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Diámetro medio de fibra (DMF) y porcentaje de medulación con sus respectivas desviaciones estándar (DE) en alpacas de diferentes edades	11
Tabla 2: Estructura de datos por clase de finura y operador para el análisis estadístico.....	18
Tabla 3: Promedio \pm EE, CV, valores mínimos y máximos del porcentaje de fibras según tipo de medulación.....	22
Tabla 4: Efecto de dos clases de finura (fina y superfina) sobre el porcentaje de fibras meduladas	23
Tabla 5: Promedios \pm EE, valores mínimos y máximos de las características asociadas a finura de fibra.....	25
Tabla 6: Promedio \pm EE, CV, valores mínimos y máximos de los diferentes DMF.....	26
Tabla 7: Coeficiente de Correlación de Pearson entre los porcentajes de fibras meduladas y características asociadas a la finura de fibra	28
Tabla 8: Coeficiente de correlación de Pearson entre el DMF meduladas y características asociadas a la finura	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de la piel de ovino.....	3
Figura 2. Microfotografía de una sección de piel de alpaca Huacaya que muestra dos haces foliculares.	5
Figura 3. Distribución de nidos foliculares (NF) en grupos foliculares compuestos (GFC) y simples (GFS) en corte paralelo a la superficie de la piel de alpaca. Coloración HE, 100X.	6
Figura 4. Componentes estructurales de la fibra.	7
Figura 5. Origen y desarrollo de la fibra medulada.....	9
Figura 6. Tipos de fibra de acuerdo a la presencia de médula.....	10
Figura 7. Relación entre edad y porcentaje de medulación en fibra de alpaca Huacaya.....	11
Figura 8. Interacción entre los terminales de la fibra y la piel.	15
Figura 9. Componentes del vellón y zona de muestreo de fibra.....	17
Figura 10. Medición de diámetro por tipo de médula en fibra de alpaca usando microscopio de proyección (Software MOTIC®) en el Laboratorio de Fibras Textiles, Pieles y Cueros “Alberto Pumayalla Díaz”.	18
Figura 11. Gráfica de interacción entre clase de finura y operadores para los tipos de medulación.....	24
Figura 12. Diámetro medio de fibra (μm) según tipo de medulación: continua (DMFC), discontinua (DMFD) y fragmentada (DMFF).	27
Figura 13. Diagrama de dispersión entre medulación continua y medulación total por clase de finura (F: fina y S: superfina).	29
Figura 14. Diagrama de dispersión entre diámetro medio de fibra sin médula (DMFS) y diámetro medio de fibra (DMF) por clase de finura (F: fina y S: superfina).....	30

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Características de la fibra analizadas con microscopio de proyección.....	42
Anexo 2: Coeficiente de correlación de Pearson entre las características textiles de la fibra y porcentaje de medulación.	47
Anexo 3: Análisis de varianza para porcentaje de medulación total.	48
Anexo 4: Análisis de varianza para porcentaje de medulación fragmentada.	48
Anexo 5: Análisis de varianza para porcentaje de medulación discontinua.....	49
Anexo 6: Análisis de varianza para porcentaje de medulación continua.	49
Anexo 7: Comparación múltiple del promedio del diámetro de fibras meduladas (considerando los intervalos de confianza).	50
Anexo 8: Curva de distribución del diámetro medio de fibra (μm) según la presencia de médula.	51
Anexo 9: Análisis de fibra con microscopio de proyección en el Laboratorio de Fibras Textiles, Pieles y Cueros “Alberto Pumayalla Díaz”.....	52

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar el porcentaje de fibras meduladas en el vellón de alpacas Huacaya machos de primera esquila del fundo Mallkini y estimar las correlaciones fenotípicas entre el porcentaje de medulación y las características asociadas a la finura de fibra. Se tomaron muestras de la zona del costillar medio de 120 alpacas, las cuales fueron analizadas por cuatro operadores (A, B, C y D). De cada muestra se evaluó el diámetro de 600 fibras y se identificó el tipo de medulación usando microscopio de proyección (IWTO-8, 2011). Se evaluó el efecto de clase de finura (fina y superfina) y operador sobre el porcentaje de medulación. Las fibras fueron clasificadas según el tipo de medulación: fragmentada (MEDF), discontinua (MEDD), continua (MEDC) y fuertemente medulada (MEDf) de las cuales se obtuvieron el 12.56%, 13.05%, 27.07% y 0.09%, respectivamente. Adicionalmente, el porcentaje de fibras no meduladas (SMED) fue de 47.23%. Los promedios de diámetro medio de fibra (DMF) incrementaron cuando el tipo de medulación cambiaba de fragmentada, discontinua a continua y fuertemente medulada. Asimismo, el incremento del DMF está directamente asociado con un mayor porcentaje de medulación total (MEDT) obteniendo una correlación de $r=0.60$. En conclusión, existe un alto porcentaje de fibras meduladas en el vellón de alpacas Huacaya machos de primera esquila, de las cuales la medulación continua es la más resaltante, incrementándose conforme lo hace el DMF.

Palabras clave: fibras meduladas, diámetro de fibras meduladas, confort de fibras, alpaca Huacaya.

ABSTRACT

The objective of the study was to determine the percentage of medullated fibers in the fleece of first shearing male Huacaya alpacas from the Mallkini ranch and to estimate the phenotypic correlations between the percentage of medulation and the characteristics associated with fiber fineness. Samples were taken from the mid-rib area of 120 alpacas, which were analyzed by four operators (A, B, C and D). From each sample, the diameter of 600 fibers was evaluated and the type of medulation was identified using projection microscopy (IWTO-8, 2011). The effect of fineness class (fine and superfine) and operator on the percentage of medulation was evaluated. Fibers were classified according to the type of medulation: fragmented (MEDF), discontinuous (MEDD), continuous (MEDC) and strongly medullated (MEDf) of which 12.56%, 13.05%, 27.07% and 0.09% were obtained, respectively. Additionally, the percentage of unmedullated fibers was 47.23%. Mean fiber diameter (MFD) averages increased when the type of medulation changed from fragmented, discontinuous to continuous and strongly medullated. Likewise, the increase in MFD is directly associated with a higher percentage of total medulation (MEDT) obtaining a correlation of $r=0.60$. In conclusion, there is a high percentage of medullated fibers in the fleece of first shearing male Huacaya alpacas, of which continuous medulation is the most prominent, increasing as the MFD increases.

Keywords: medullated fibers, diameter of medullated fibers, fiber comfort, Huacaya alpaca.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el Perú es el principal productor de fibras de alpaca, siendo Cusco, Puno y Arequipa las regiones en donde hay una mayor producción de fibra del 80% a nivel mundial (MINAGRI, 2019). Esta especie registra una población de 3685,516 ejemplares con una mayor proporción de alpacas Huacaya (80.4%) y una menor proporción de Suri (12.2%) a nivel nacional (INEI, 2013).

Esta fibra es reconocida por su alta calidad en la industria textil obteniéndose alrededor de 4500 toneladas al año e industrializando el 90% del total (MINAGRI, 2019). La Fibra de alpaca es considerada una de las fibras más finas en la primera esquila con un diámetro medio de fibra de $18.96\mu\text{m}$ (Aguilar, 2018). Asimismo, esta fibra muestra otras propiedades como son la suavidad, aislamiento térmico y resistencia a la tracción que dependen de la estructura morfológica de la fibra (Wang *et al.*, 2005).

A diferencia de la lana, el vellón de la alpaca muestra mayor variabilidad de fibras meduladas tanto en fibras finas y gruesas (Pinares *et al.*, 2019). Villarroel (1963) menciona que a medida que se incrementa el diámetro de la fibra se observa la presencia de medulación continua. Las fibras de medulación continua y fuertemente medulada sobresalen del tejido asociándolas a la sensación de picazón. Esto debido a que son fibras más rígidas y, por el contrario, fibras más finas tienden a inclinarse con facilidad (Frank *et al.*, 2021).

La calidad de fibra puede mejorarse reduciendo el porcentaje de fibras meduladas continuas y fuertemente meduladas mediante selección (Pinares *et al.*, 2018). En consecuencia, el objetivo del presente estudio fue determinar el porcentaje de fibras meduladas en el vellón de alpacas Huacaya machos de color blanco de primera esquila; así como estimar las correlaciones fenotípicas entre el porcentaje de fibras meduladas, y las características asociadas a la finura de la fibra.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades de la alpaca

La alpaca (*Vicugna pacos*) es la especie más representativa de los camélidos sudamericanos. Es un animal de fina estampa, de cuerpo esbelto cubierto de fibra, adaptable a climas fríos, con almohadillas plantares (que lo caracteriza como un animal ecológico) que fue seleccionado por su fibra. Puede llegar a tener una altura de 80 a 100 cm y vivir aproximadamente hasta los 25 años con una vida productiva de 6 o 7 años (Quispe *et al.*, 2013).

La mayor población la conforman alpacas Huacaya, seguidos por las Suri y la diferencia entre estos fenotipos se debe a las características del vellón. En la Huacaya el vellón es compacto, la fibra tiene alto índice de curvatura (rizos), es suave y el crecimiento de la fibra es perpendicular al cuerpo. Mientras, que la Suri presenta lustrosidad y rulos, el crecimiento de la fibra es paralelo al cuerpo con baja densidad de fibra (Antonini, 2010).

La crianza de estos camélidos sirve de sustento económico para muchas familias de las zonas alto andinas que comercializan su fibra y carne. Es por ello que la alpaca juega un rol socioeconómico importante siendo la única fuente de ingreso para cubrir sus necesidades básicas (Solís, 2000).

La alpaca es un “Recurso Genético del Perú” (de acuerdo a la Ley N° 28350: Promoción de Mejoramiento Genético y Conservación de las razas de camélidos sudamericanos domésticos). Además, el 01 de agosto se estableció el día nacional de la alpaca mediante la Resolución Ministerial N° 429-2012-AG.

2.2 Características de la fibra de alpaca

La fibra es el principal producto obtenido de la esquila de la alpaca (Quispe *et al.*, 2009). El conjunto de fibras forma una mecha y éstas a su vez forman el vellón. En alpacas el vellón presenta una sola capa compuesto de fibras finas y gruesas.

Esta fibra es suave, ideal para el procesamiento textil porque la fuerza de tracción de la fibra se mantiene cuando disminuye su finura y muestra una variedad de colores naturales como: blanco, LF, café y negro, con diversas tonalidades (Lencinas y Torres, 2010). Cuando es manufacturada se clasifica como un artículo de lujo (Wang *et al.*, 2003).

La fibra de alpaca es considerada como el mejor aislante térmico para el animal debido a la presencia de médulas, la cual favorece a que las prendas de alpaca mantengan las propiedades térmicas en quienes las usan (Wang *et al.*, 2005). Sin embargo, la medulación de la fibra interfiere la fijación del colorante durante el proceso de tinción (Rodríguez, 2007), además, se asocia con el problema de picazón.

2.3 Estructura de la piel

La piel de los camélidos tiene un grosor de 2.4mm en la zona costillar medio (Vélez et al., 2009). La piel está formada por tres capas: epidermis, dermis e hipodermis.

2.3.1 Epidermis

La epidermis, es la capa externa, y está formada por un epitelio estratificado, plano y queratinizado (Figura 1). Contiene cuatro estratos: a) el más superficial es el córneo, presenta queratinocitos aplanados que han perdido su núcleo y llenas de queratina; b) el estrato granuloso está formado por una capa de células planas; c) en el estrato espinoso se encuentra una o dos capas de células poliédricas; d) en el estrato basal se observa una capa de queratinocitos, cúbicas o cilíndricas (Bustinza, 2001).

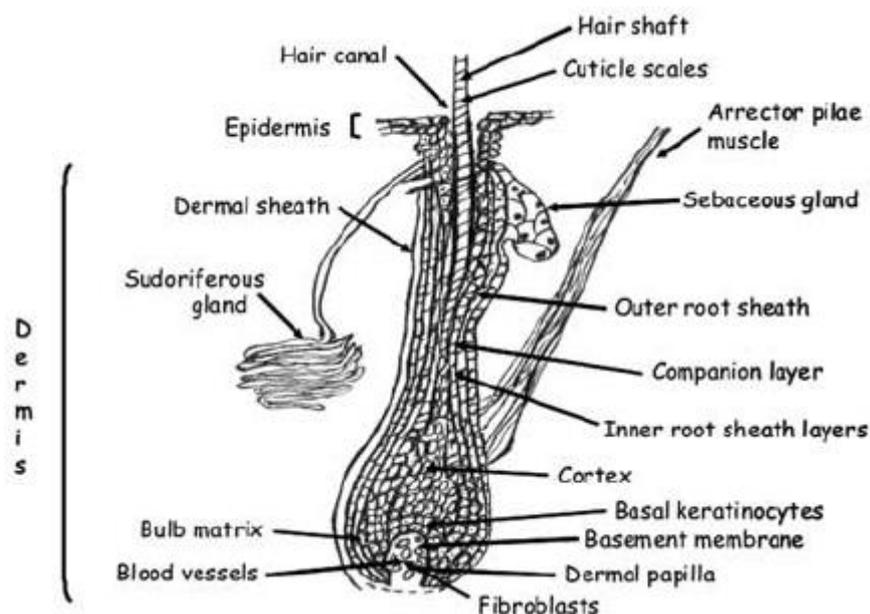


Figura 1. Estructura de la piel de ovino.
FUENTE: Galbraith (2010).

2.3.2 Dermis

La dermis está compuesta principalmente de tejido conectivo. En su lecho se encuentran folículos pilosos, glándulas sebáceas, glándulas sudoríparas y músculo erector del pelo (Figura 1). Del folículo piloso (invaginación de la piel) se origina el crecimiento del pelo y fibra (Calle, 1982).

Esta capa se divide en dos subcapas: una superficial delgada y otra profunda. La primera está formada de tejido conectivo laxo con un gran número de fibrocitos y la dermis profunda se caracteriza por la presencia de tejido conectivo denso (Bustinza, 2001).

En la dermis se pueden observar capilares sanguíneos alrededor de los grupos foliculares, necesarios para el intercambio de sustancias. Los paquetes de capilares en la raza Huacaya no llegan a juntarse con los grupos foliculares, haciendo que se suministre sustancias por difusión (a través del tejido conectivo). Mientras que, en la raza Suri, se observa más paquetes de capilares y estos están más cerca a los grupos foliculares (Carpio, 1991; Bustinza, 2001).

2.3.3 Hipodermis

La última capa de la piel es la hipodermis, formada por tejido conectivo laxo, cuya función es fijar la dermis a los huesos o músculos. No poseen muchas células adiposas (Carpio, 1991). La fibra de alpaca a diferencia de los ovinos tiene mucho menos grasa debido a la menor cantidad de glándulas sebáceas. Por esta razón, se puede mencionar que tiene mayor rendimiento al lavado (Calle, 1982).

2.4 Tipos de folículos

Hay dos tipos de folículos: los folículos primarios (FP) y los secundarios (FS). Los primarios se encuentran a un lado de los secundarios y son invaginaciones de la epidermis. Los folículos secundarios se encuentran alrededor de los folículos primarios y presentan glándulas sudoríparas (Figura 2). Estos folículos dan origen a la fibra fina (Franco y San Martín, 2007; Rodríguez, 2007; Bustinza, 2001).

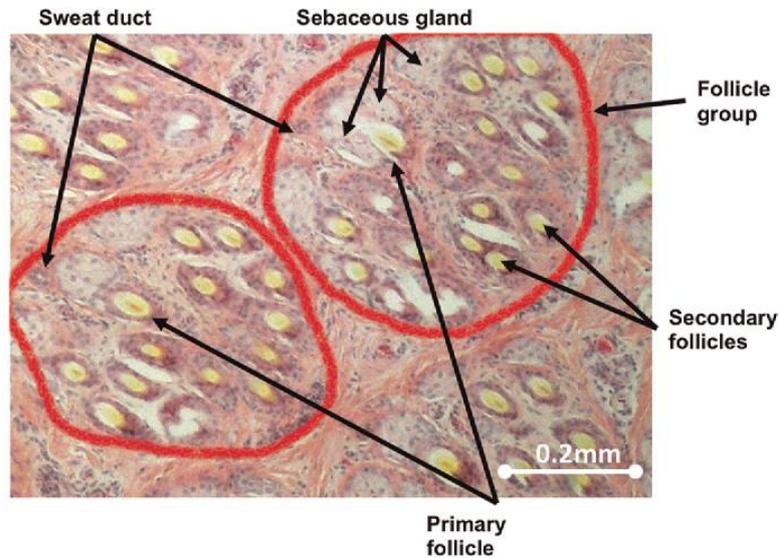


Figura 2. Microfotografía de una sección de piel de alpaca Huacaya que muestra dos haces foliculares.
FUENTE: Moore et al. (2015).

En ovino merino, todos los folículos primarios son maduros al nacer, mientras que los folículos secundarios maduran hasta después del nacimiento. Hynd y Masters (2002) indican que, en ovinos, el folículo primario se forma entre los 50 y 60 días después de la concepción y entre los días 90 a 100 de gestación están produciendo una fibra. En cambio, en alpacas el FP inicia su formación entre los 90 y 147 días después de la concepción y la mayor producción se da entre los 187 a 214 días de gestación.

En relación con los folículos secundarios, podemos mencionar a dos grupos: folículos secundarios originales (FSO) y folículos secundarios derivados (FSD). Los FSD se producen a partir de los primeros (FSO). El desarrollo de los FSO y FSD se da a partir del día 187 y 264 de gestación respectivamente (Franco y San Martín, 2007).

2.4.1 Desarrollo de los folículos

Los folículos se forman por división celular desde la epidermis. En camélidos adultos se reconocen estas estructuras: folículos primarios, folículos secundarios, glándulas sebáceas (escasas) y sudoríparas (no bien desarrolladas) y músculo erector pili (Carpio, 1991).

La emergencia de éstos hacia la superficie se da de la siguiente manera: emergen por un mismo orificio FS medulados y no medulados más un FP, mientras que los que emergen de forma individual, son los FP de mayor profundidad. Se evidencia la formación de nidos foliculares (NF) de grupos foliculares simples (GFS) en menor proporción y grupos foliculares compuestos (GFC) en su mayor parte (Figura 3). Los GFS, no presentan FP y

solo están conformados por FS. En los GFC se encuentran tanto FP como FS, siendo el primario de mayor diámetro (Badajoz *et al.*, 2009).

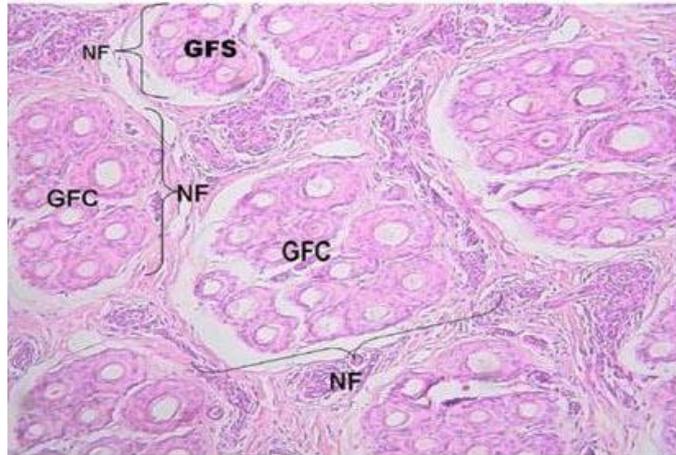


Figura 3. Distribución de nidos foliculares (NF) en grupos foliculares compuestos (GFC) y simples (GFS) en corte paralelo a la superficie de la piel de alpaca. Coloración HE, 100X.
FUENTE: Badajoz et al. (2009).

La actividad folicular es influenciada por factores fisiológicos y ambientales. Entre los factores fisiológicos se encuentran la gestación y la lactación, mientras que, en los ambientales, el clima. Todos estos factores afectarán la cantidad y calidad de nutrientes que llegan a los folículos y, en consecuencia, a la producción de fibra diaria reflejándose en el diámetro promedio, peso del vellón y resistencia a la tracción de las fibras (Quispe *et al.*, 2013).

2.5 Estructura morfológica de la fibra

Microscópicamente, las fibras de alpacas muestran tres componentes celulares que se distribuyen de una manera concéntrica (Bustinza, 2001). Estas son desde lo externo hacia lo interno: cutícula, corteza y médula (Figura 4).

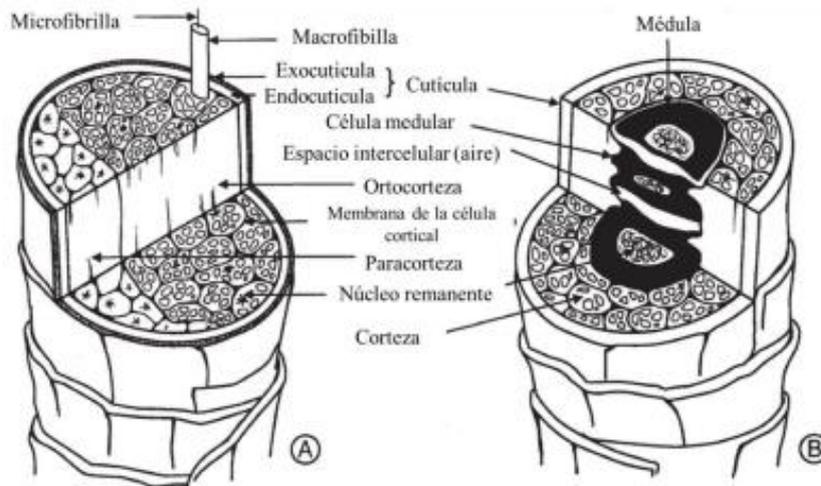


Figura 4. Componentes estructurales de la fibra.
FUENTE: Adaptado de Powell y Rogers (1997).

2.5.1 Cutícula

La cutícula es la capa externa de la fibra y está compuesta de células planas superpuestas a manera de escamas de un pescado (Leeson *et al.*, 1990). De esta manera encierran y protegen a las células de la capa cortical. Los márgenes de las escamas presentan una gran variedad de formas dependiendo de si las fibras son finas, medias o gruesas presentando bordes simples, ovaladas, dentadas y aserradas. La orientación unidireccional de las escamas apuntando hacia arriba y su ordenamiento, son las responsables del poder de afieltramiento que poseen las fibras de alpaca (Carpio, 1978; Wang *et al.*, 2005; Rodríguez, 2007).

2.5.2 Corteza

La corteza es la estructura más representativa que constituye el cuerpo de la fibra y se encuentra debajo de las escamas cuticulares formada por células aplanadas queratinizadas y alargadas (Carpio, 1991; Leyva, 1979). Las células corticales son muy variables en toda la masa de la fibra, en proporción creciente a medida que el diámetro de la fibra decrece. Hay fibras que sólo presentan cutícula y corteza las cuales hallamos en fibras finas. En este caso, esta capa representa hasta un 90% de la masa total de la fibra. Por el contrario, en fibras gruesas, esta capa comprende menos del 50% de la masa total de la fibra (Carpio, 1991; Villarroel, 1963). Por tanto, el porcentaje de corteza dependerá de la presencia de medulación en la fibra. En otros términos, a medida que la fibra disminuya de diámetro, la corteza ocupará mayor volumen y viceversa (Trejo, 1986; Leyva, 1979).

2.5.3 Médula

Esta capa es la parte central de la fibra y es frecuente en fibras gruesas y se expresa como un espacio longitudinal semivacío. Slobodan y Snezana (1998) mencionan que forma las paredes internas de la fibra y está conformada por células cúbicas o aplanadas que presentan queratina. Wang et al. (2005) indica que la médula está constituida por vacuolas, proteínas amorfas y filamentos finos.

Su formación se observa cuando el volumen de la fibra excede el volumen de queratina disponible entre los folículos por la competencia de estos mismos (Scobie y Woods, 1992). En el vellón de ovinos merinos se observan fibras sin medulación, mientras que en cabras Angora se observa pocas fibras meduladas que son principalmente las fibras primarias (Allain y Renieri, 2010). El vellón de alpaca contiene una mezcla de fibras meduladas y no meduladas que provienen de los folículos primarios y secundarios, respectivamente (Antonini *et al.*, 2004; Allain y Renieri, 2010).

Villarroel (1963) y Leyva (1979) establecen que, a medida que aumenta el diámetro de la fibra, la médula se torna continua, más amplia e irregular a lo largo de su longitud. Las fibras gruesas frecuentemente tienen una médula de gran tamaño presentando una sección transversal de forma arriñonada o triangular.

2.5.3.1 Formación de la médula

La genética es el factor principal en la formación de médula (Frank *et al.*, 2011; Sánchez *et al.*, 2016), mientras que el factor nutrición tendría un efecto mínimo (Lupton *et al.*, 1991). La formación de las fibras meduladas inicia en la etapa fetal, antes de que los factores nutricionales o ambientales puedan afectar (Wilson, 1929).

La médula tiene origen en la papila de ciertos folículos primarios y algunos folículos secundarios encontrándose de manera continua o fragmentada ocupando varias proporciones en el centro de la fibra (Scobie y Woods, 1992). En el estrato germinativo, se produce la actividad mitótica para que se origine la fibra. En dicho estrato, se notará el espesamiento de la célula para luego dividirse formando una invaginación que crece hacia abajo y debajo de ésta, se formará la papila (Figura 5). La invaginación sigue creciendo hasta que surja una nueva invaginación que crecerá hacia arriba denominada bulbo y que al final formará un canal por donde emergerá la fibra.

Los folículos compiten por nutrientes, por consiguiente, si la densidad folicular es baja generalmente se tiene fibras más gruesas con presencia de médula. En cambio, cuando hay alta densidad folicular, las fibras son más cortas, finas y más uniformes (Fernández y Aguirre, 2010).

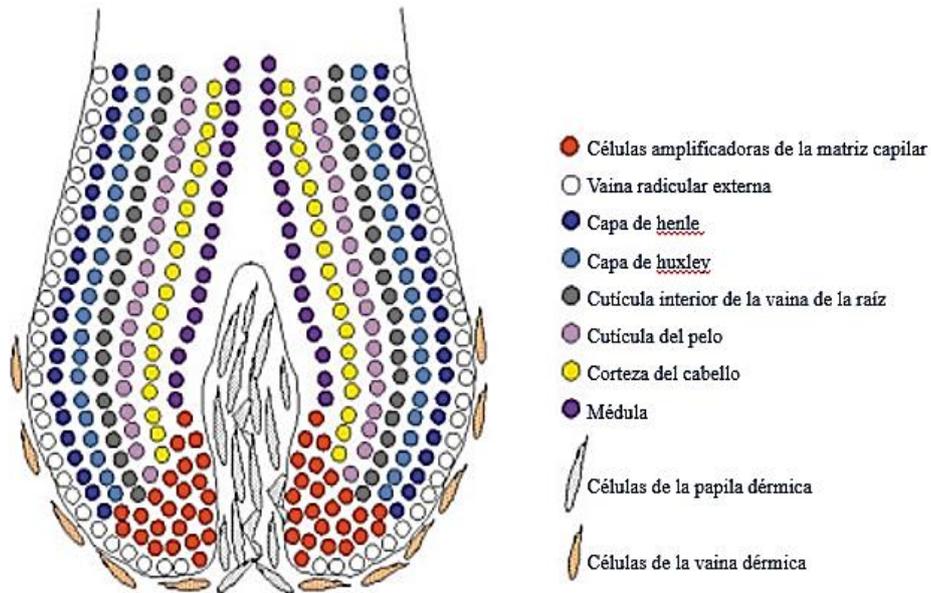


Figura 5. Origen y desarrollo de la fibra medulada.
FUENTE: Rogers (2004).

2.6 Clasificación de las fibras según el tipo de médula

En alpacas, Villarroel (1963) clasificó las fibras de acuerdo a la presencia y tipo de medulación en forma longitudinal y transversal mediante microscopio de proyección. Esta clasificación de las cinco categorías fue adaptada y modificada (fina a gruesa) por Pinares *et al.*, (2018) en el siguiente orden: sin médula, fragmentada, discontinua, continua y fuertemente medulada (Figura 6).

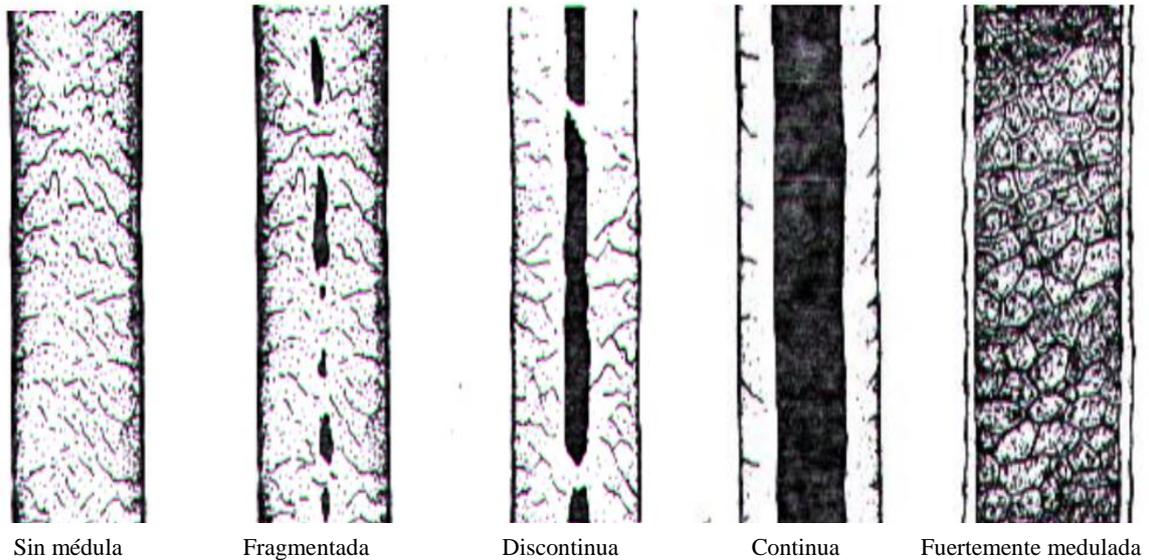


Figura 6. Tipos de fibra de acuerdo a la presencia de médula.

FUENTE: Adaptado de Villarroel (1963) y Pinares et al. (2018).

Las fibras de alpaca según la presencia de médula se clasifican en las siguientes clases:

- a) Sin médula: característica de fibras muy finas, no presenta médula.
- b) Fragmentada: presenta pequeños fragmentos y se manifiesta cuando se está iniciando la formación de la médula.
- c) Discontinua: presenta interrupciones por intervalo y se manifiesta cuando se está terminando de formar la médula.
- d) Continua: característica de fibras gruesas. Presenta médula sin interrupciones.
- e) Fuertemente medulada: médula abarca la mayor parte de la fibra.

2.6.1 Asociación de la edad con el porcentaje de medulación

Aruquipa (2015) reportó un incremento del porcentaje de medulación cuando la edad aumenta ($p < 0.01$). En alpacas dientes de leche, el porcentaje de medulación fue menor ($20.30 \pm 4.87 \%$) respecto a animales de dos dientes ($25.57 \pm 6.53 \%$), cuatro dientes ($28.34 \pm 7.33 \%$) y boca llena ($30.08 \pm 7.01 \%$). Asimismo, Pinares *et al.* (2019) indican que la incidencia del porcentaje de medulación fue más notable en animales viejos (entre 5 y 10 años) comparado a los animales jóvenes (entre 1 y 4 años). Además, Checalla (2021) obtuvo valores de 60.80%, 68.12%, 61.03% y 80.67% para animales dientes de leche, dos dientes, cuatro dientes y boca llena, respectivamente.

McGregor (2006) reportó similar tendencia (Figura 7), mostrando un porcentaje de medulación de 18% para alpacas de primer año, más de 40% para los de 4 años y más de

50% para los de 6 años. También se observa que en los últimos años (10 a más), el porcentaje de medulación se mantiene. Martínez *et al.* (1997) y Lupton *et al.* (2006) mencionan que la incidencia del porcentaje de fibras meduladas puede ser afectada tanto por la edad y por la frecuencia de esquila.

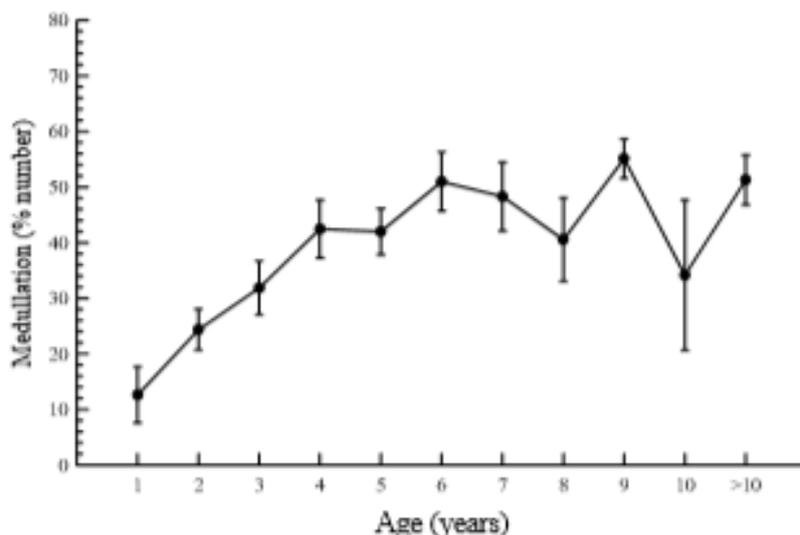


Figura 7. Relación entre edad y porcentaje de medulación en fibra de alpaca Huacaya.
FUENTE: McGregor (2006).

Por otro lado, Alvarado y Paucar (2018) reportaron valores para DMF y medulación para edades de 1 a 4 años en alpacas demostrando que, a mayor edad, el diámetro de las fibras engrosaba y había una mayor incidencia de fibras meduladas (Tabla 1). Martínez *et al.* (1997) llegaron a la misma conclusión reportando valores entre 25.5µm y 34.8µm para DMF y entre 27.5% y 48.7% para medulación en alpacas de dos y ocho años, respectivamente.

Tabla 1: Diámetro medio de fibra (DMF) y porcentaje de medulación con sus respectivas desviaciones estándar (DE) en alpacas de diferentes edades

Edad (año)	DMF ± DE	MED ± DE
1	19.25 ± 2.51 ^c	41.60 ± 27.03 ^d
2	22.30 ± 3.58 ^b	54.60 ± 22.22 ^c
3	23.78 ± 2.82 ^a	51.40 ± 17.35 ^b
4	23.04 ± 2.29 ^a	62.80 ± 20.06 ^a

FUENTE: Alvarado y Paucar (2018).

McGregor (2006) también muestra una relación directamente proporcional entre porcentaje de medulación y DMF. Así obtuvo que para 11% de medulación le correspondían fibras de

20 μ m, para un 45% de medulación fibras de 30 a 31 μ m y para 65% de medulación fibras de 36 a 37 μ m.

2.7 Importancia de la medulación en la Industria Textil

La presencia de médula durante y después del procesamiento de la fibra, puede constituir un problema relevante. La industria debe enfocarse en disminuir las desventajas que trae consigo las fibras con medulación continua y fuertemente medulada o llamadas también fibras objetables (Hunter *et al.*, 2013).

En el proceso de teñido, la existencia de fibras objetables hace que haya una mayor refracción de la luz haciendo que dichas fibras no se tiñan de manera uniforme, es decir; las fibras meduladas se tiñen de un tono más pálido que las no meduladas. De esta manera, se obtienen fibras más claras de lo esperado (Rodríguez, 2007).

Pinares *et al.* (2018) menciona que si se trabaja con una mayor cantidad de fibras meduladas resulta ser un gran inconveniente para el proceso de hilatura. Esto es aseverado por McGregor (2018) que al realizar estudios en medulación también reporta problemas en el teñido, peinado, cardado e hilatura y que estas fibras deben ser usadas para la confección de alfombras por ser gruesas.

Otro factor que la hace indeseable para la industria, es que las puntillas que sobresalen del hilo pueden causar picazón al tener contacto con la piel (Pinares *et al.*, 2018). Esto es debido a que las fibras usadas para confeccionar dichas prendas poseen un grosor mayor a 30 μ m (Frank *et al.*, 2011) ocasionando que el producto disminuya de precio (McGregor, 1998).

Asimismo, se puede observar que los hilos presentan un aspecto más heterogéneo y que la heterogeneidad va acentuándose a medida que aumenta el porcentaje de medulación (Wang *et al.*, 2005). Wang *et al.* (2005) menciona que las prendas confeccionadas con fibras meduladas resultan ser termoaislantes y más ligeras que la lana haciendo que los usuarios la elijan.

2.8 Características asociadas a finura y uniformidad de fibra

2.8.1 Diámetro medio de fibra

Uno de los factores más importantes que determina el precio en el mercado es el diámetro promedio de fibra. Por eso, esta característica es muy estudiada para la selección de animales en mejora genética (McGregor, 2006). Puede ser determinada de forma subjetiva por medios

visuales y al tacto, y de forma objetiva usando equipos analíticos de laboratorio (Bustinza, 2001).

Dependiendo del diámetro, la fibra puede ser transformada en hilos para la confección de una gran variedad de productos textiles siendo tejidos de lujo cuando las fibras son finas (Warn *et al.*, 2006). Por el contrario, las fibras gruesas son empleadas para la obtención de productos textiles de menor lujo y también para confeccionar alfombras, frazadas y ropa de abrigo (Poppy y McLennan, 2010).

El diámetro de fibra se incrementa con la edad del animal influyendo también factores anatómicos fisiológicos de la piel, el desarrollo corporal, raza, nutrición, época de empadre, medio ambiente, esquila periódica, entre otros factores (Bustinza *et al.*, 1985). En factores genéticos podemos mencionar al sexo, pues las hembras son las que requerirán mayores demandas nutricionales que los machos por su ciclo reproductivo (Quispe *et al.*, 2009).

McGregor (1998) señala que, en los primeros meses de vida del animal, el diámetro de fibra tiene un rango de 21 a 23 μm y luego incrementa de 25 a 27 μm y finalmente desciende de 21 a 22 μm . Del Carpio (1989) menciona que en alpacas Huacaya de 10 meses hasta 6 años, el diámetro aumenta de 17.4 a 27.5 μm . Huanca *et al.* (2007) evaluaron el diámetro de fibra en alpacas de primera esquila en dos distritos de Puno. En el distrito de Cojata reportaron: machos 22.47 μm y hembras 22.83 μm ; y en el distrito de Santa Rosa: para machos 22.74 μm y para hembras 22.82 μm .

2.8.2 Desviación estándar del diámetro de fibra

La desviación estándar del diámetro de fibra (DE), indica la dispersión de los diámetros individuales de la fibra respecto al DMF. La unidad de medida es en micras (μm). En el centro de investigación y desarrollo de camélidos sudamericanos en Huancavelica, en alpacas de un 1 año se registró 4.38 μm y en las de 2 años fue 4.05 μm (Bernabé, 2015). Por otro lado, Corredor (2015) reportó para la clase Súper y clase A de la región de Pasco: 2.22 μm , 3.13 μm , 2.22 μm y 2.28 μm en alpacas dientes de leche, dos dientes, cuatro dientes y boca llena, respectivamente.

También podemos mencionar a Aguilar (2018), quién trabajó con alpacas de primera esquila del fundo Mallkini, quien reportó 4.40 μm para el año 2015 y 4.16 μm para el siguiente año. Asimismo, reportó una variación de la desviación estándar por categoría de sexos obteniendo 4.13 μm para alpacas hembras y 4.25 μm para machos.

2.8.3 Coeficiente de variación del diámetro de fibra

El coeficiente de variación del diámetro de fibra (CV), expresado en porcentaje (%) es una medida de homogeneidad o heterogeneidad del DMF. Esta característica tiene dos fuentes de variación, siendo la primera una variación entre las fibras dentro de la mecha que constituye un 80% y la segunda es una variación a lo largo de la mecha que corresponde a un 20% (Quispe *et al.*, 2009). Dicho parámetro, tiene alta influencia sobre algunas propiedades requeridas en la industria textil (Lupton *et al.*, 2006), pues juntamente con el diámetro medio de fibra determinan el rendimiento al hilado (McGregor, 2006). También tiene efecto sobre la resistencia y, por ende, en el proceso de cardado y peinado durante la transformación de la fibra textil (Wang *et al.* 2003).

Solis (2000) menciona que, al evaluar las dos razas de alpaca, la que presenta mayor coeficiente de variación es Huacaya, con un CV de 27.28% mientras que para Suri es de 21.53%. Por otro lado, Candio (2011) en alpacas tuis de la unidad de producción de Corpacancha reportó un promedio de 19.92% para hembras y 19.93% para machos.

2.8.4 Factor confort

Se define como el porcentaje de las fibras menores a 30 μ m (Figura 8) que presenta un vellón. También se le conoce como factor de comodidad. Quispe *et al.* (2009) trabajó con alpacas Huacaya de color blanco provenientes de ocho comunidades del departamento de Huancavelica (Perú), encontrando estos resultados por edades: 90.25%, 93.80%, 91.03% y 90.25% para diente de leche, dos dientes, cuatro dientes y boca llena, respectivamente. Bernabé (2015) determinó el índice de confort de fibra en alpacas y llamas de la comunidad de Lachocc en Huancavelica. Estos resultados fueron en alpacas: 97.29% en animales de 1 año y 89.96% en 2 años, mientras que; en llamas 96.35% en animales de 1 año y 85.71% en 2 años. McGregor y Butler (2004) reportaron 55.58 % para alpacas criadas en Australia. Por otro lado, Lupton *et al.* (2006) trabajaron en Estados Unidos con alpacas Huacaya obteniendo un 68.39% de factor confort.

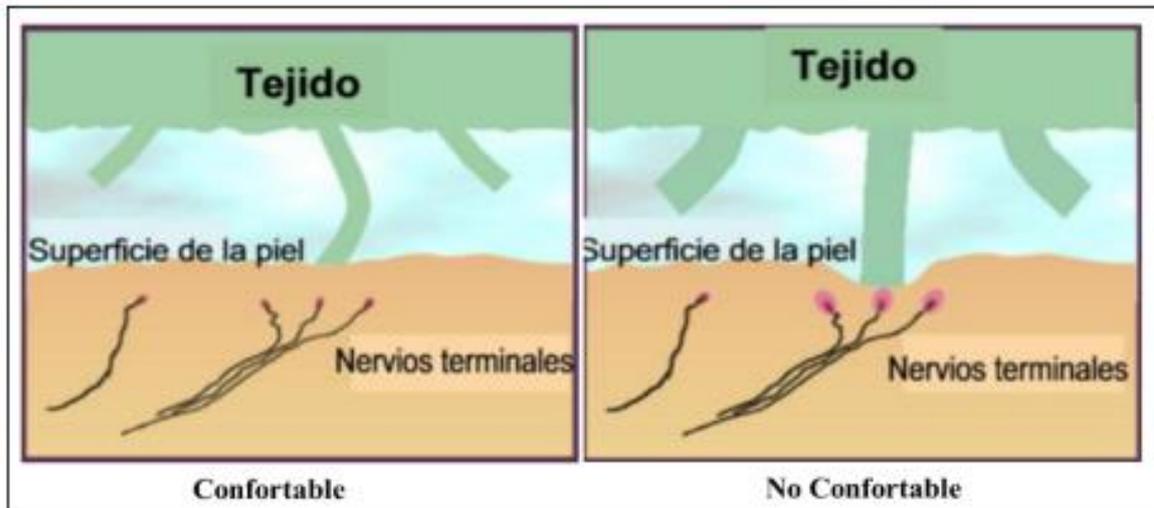


Figura 8. Interacción entre los terminales de la fibra y la piel.
FUENTE: Adaptado de Garnsworthy et al. (1988).

III. METODOLOGÍA

3.1 Lugar

Las muestras de fibra se recolectaron de 120 alpacas de la raza Huacaya machos de color blanco, tomadas en el periodo del 2016 pertenecientes al fundo Mallkini ubicado en el distrito de Muñani, provincia de Azángaro, región Puno que se encuentra entre los 4000 y 4500 m.s.n.m., y tiene una extensión de 3018.34 ha. Posteriormente, las muestras fueron enviadas al laboratorio de Fibras Textiles, Pieles y Cueros “Alberto Pumayalla Diaz” del Programa de Investigación y Proyección Social en Ovinos y Camélidos Americanos (POCA) ubicado en la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

3.2 Fase de Campo

3.2.1 Obtención de muestras

La obtención de muestras de fibra se realizó en el mes de noviembre del 2016, previa a la esquila tomando en cuenta los siguientes pasos:

- Para la sujeción de cada alpaca se necesitaron de dos personas y la zona de obtención de muestras fue el costillar medio (Figura 9)
- Se procedió al corte desde la base de la piel recolectando aprox. 20 gr.
- Se colocaron las muestras en una bolsa de polietileno el cual estaba identificada por animal
- Finalmente, las 120 muestras se depositaron en una bolsa negra identificada con la cantidad de animales y el sexo correspondiente.

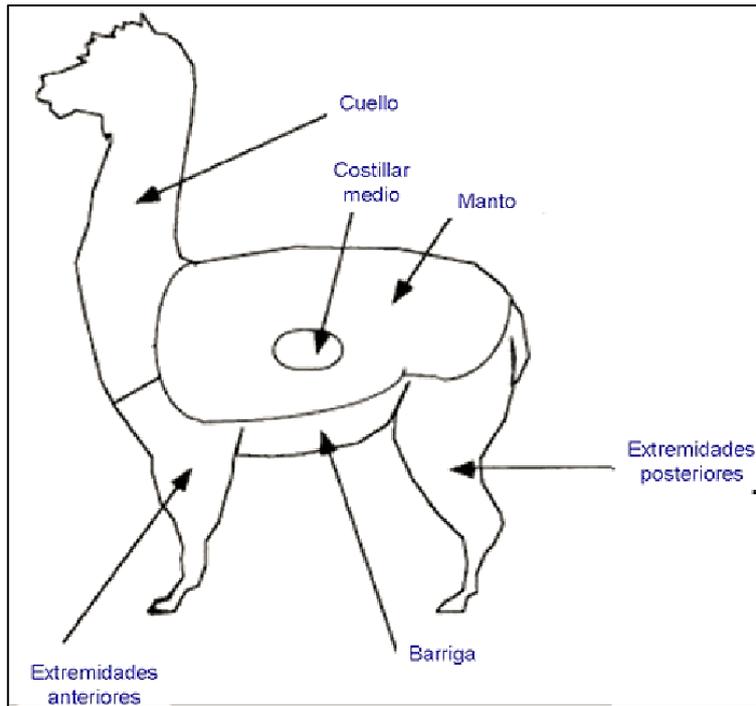


Figura 9. Componentes del vellón y zona de muestreo de fibra.
FUENTE: Modificado de Aylan-Parker y McGregor (2002), Quispe et al. (2013).

3.3 Fase de laboratorio

Las muestras recolectadas e identificadas fueron trasladadas al laboratorio de Fibras Textiles, Pieles y Cueros “Alberto Pumayalla Diaz” del Programa de Investigación y Proyección Social en Ovinos y Camélidos Americanos (POCA) ubicado en la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Éstas muestras se lavaron y fueron acondicionadas por 8 horas a $20 \pm 2^\circ\text{C}$ de temperatura y $65 \pm 5\%$ de humedad relativa. Posteriormente, se prepararon en snipeets de 1.8 a 2 mm usando el micrótopo de Hardy (Hardy 1993).

Las 120 muestras de fibra fueron analizadas por cuatro operadores (A=30, B=30, C=30 y D=30). Por cada muestra, se evaluó el diámetro de 600 fibras individuales y se identificó el tipo de médula usando el microscopio de proyección (IWTO-8, 2011) (Figura 10). Asimismo, se empleó el Software MOTIC[®] para la obtención de imágenes de microscopía, medición de diámetro y medulación.



Figura 10. Medición de diámetro por tipo de médula en fibra de alpaca usando microscopio de proyección (Software MOTIC®) en el Laboratorio de Fibras Textiles, Pieles y Cueros “Alberto Pumayalla Díaz”.

3.4 Fase de análisis de datos

Los datos del diámetro individual y tipo de medulación de cada muestra se reportaron en Microsoft Excel. Se realizó el ordenamiento de la data de menor a mayor diámetro de fibra tomando en cuenta el operador. Posteriormente, se hallaron los promedios del porcentaje de medulación, coeficiente de variación y desviación estándar. De igual manera, se obtuvieron los promedios del DMF según tipo de medulación.

3.4.1 Clases de finura del vellón de fibra de alpaca

De los 120 datos de DMF registrados se clasificó en dos grupos: 64 datos corresponden a la clase fina (mín.: $16.53\mu\text{m}$, máx.: $22.29\mu\text{m}$) y 56 datos corresponden a superfina (mín.: $13.30\mu\text{m}$, máx.: $16.50\mu\text{m}$). También se consideró a los cuatro operadores para cada grupo (Tabla 2).

Tabla 2: Estructura de datos por clase de finura y operador para el análisis estadístico

Clase de finura \ Operador	Operador				Total por clase de finura
	A	B	C	D	
$> 16.50\mu\text{m}$	18	12	17	17	64
$\leq 16.50\mu\text{m}$	12	18	13	13	56
Total por operador	30	30	30	30	120

Clase fina: $> 16.50\mu\text{m}$

Clase Superfina: $\leq 16.50\mu\text{m}$

3.4.2 Variables

Se determinó el porcentaje de fibras meduladas por tipo incluyendo el porcentaje de medulación total. Asimismo, se halló el EE del porcentaje de medulación contando con 600 fibras analizadas.

i) Porcentaje de fibras según tipo de medulación:

- a. El porcentaje de medulación fragmentada (MEDF) se calculó con la siguiente fórmula: $MEDF (\%) = (\text{Número de fibras meduladas fragmentadas} / 600) * 100$
- b. El porcentaje de medulación discontinua (MEDD) se calculó con la siguiente fórmula: $MEDD (\%) = (\text{Número de fibras meduladas discontinuas} / 600) * 100$
- c. El porcentaje de medulación continua (MEDC) se calculó con la siguiente fórmula: $MEDC (\%) = (\text{Número de fibras meduladas continuas} / 600) * 100$
- d. El porcentaje de fuertemente medulada (MEDf) se calculó con la siguiente fórmula: $MEDf (\%) = (\text{Número de fibras fuertemente meduladas} / 600) * 100$
- e. El porcentaje de medulación total (MEDT) se calculó con la siguiente fórmula: $MEDT (\%) = (\text{Número total de fibras meduladas} / 600) * 100$

Error Estándar (EE) del porcentaje medulación se calculó según IWTO-8 (2011), mediante la siguiente ecuación:

$$EE = \sqrt{\left[\frac{m}{n} (100 - m) \right]}$$

donde, m es el porcentaje de fibras meduladas y n es el número de fibras analizadas (600).

ii) Características asociadas a la finura de la fibra:

La finura es el diámetro de la fibra expresado en micrones. Se considera el factor más relevante que va a estar vinculado con su valor comercial.

- a. Diámetro medio de fibra (DMF)
- b. Desviación estándar del DMF (DE)
- c. Coeficiente de variación del DMF (CV)
- d. Factor confort (FC)

iii) Diámetro de fibras según tipo de modulación:

- a. Diámetro medio de fibra fragmentada (DMFF)
- b. Diámetro medio de fibra discontinua (DMFD)
- c. Diámetro medio de fibra continua (DMFC)
- d. Diámetro medio de fibra fuertemente modulada (DMFf)

3.5 Análisis estadístico

Se realizó el análisis descriptivo de las variables en estudio, calculándose su promedio, DE y CV. Las gráficas fueron obtenidas usando el Software R (Versión 4.1.1) (R Core Team, 2021). Se compararon los porcentajes de modulación de la fibra considerando dos clases de finura de fibra (fina $> 16.50\mu\text{m}$ y superfina $\leq 16.50\mu\text{m}$) y cuatro operadores diferentes. En el análisis de varianza para el porcentaje de modulación fragmentada, discontinua, continua y total se usó modelo aditivo lineal de dos factores con interacción. Estos factores son: clase de finura y operadores.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (A*B)_{ij} + e_{ijk}$$

donde:

Y_{ijk} = Porcentaje de modulación fragmentada, discontinua, continua y total

μ = Efecto de media poblacional

A_i = Efecto fijo del i-ésimo clase de finura

B_j = Efecto fijo del j-ésimo operador

$(A*B)_{ij}$ = Efecto de interacción de clase finura con operador

e_{ijk} = Residual

Para la comparación de los promedios de porcentajes de fibras moduladas y su DMF por tipo de fibras moduladas se usó la prueba estadística de comparación múltiple de medias Tukey $\alpha= 0.05$. Asimismo, para las correlaciones fenotípicas entre el porcentaje de modulación y las características asociadas a finura de fibra, se calcularon mediante el coeficiente de correlación de Pearson (r).

La fórmula matemática de la correlación descrito por Calzada (1970):

$$r_{xy} = \frac{\sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{N}}{\sqrt{\left[\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N} \right] \left[\sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{N} \right]}}$$

Dónde:

r_{xy} = Coeficiente de correlación de X e Y.

X e Y = Variables correlacionadas

N = Número de observaciones de X e Y

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Porcentaje de fibras según tipo de medulación

La fibra de alpaca de primera esquila mostró un alto porcentaje de medulación total (MEDT), la cual es explicada principalmente por el alto porcentaje de medulación continua (Tabla 3). Las fibras con medulación del tipo fuertemente medulada (MEDf) tienen muy poca incidencia reportándose sólo en 31 alpacas de 120. Asimismo, se observa un orden creciente del porcentaje de las fibras meduladas fragmentadas, discontinuas y continuas, respectivamente.

Tabla 3: Promedio \pm EE, CV, valores mínimos y máximos del porcentaje de fibras según tipo de medulación

Tipos de fibra	Promedio \pm EE	CV	Mínimo	Máximo
SMED(%)	47.23 \pm 1.89 ^a	39.12	6.33	85.00
MEDF (%)	12.56 \pm 1.23 ^c	72.82	0.33	34.50
MEDD (%)	13.05 \pm 1.31 ^c	52.73	1.17	36.17
MEDC (%)	27.07 \pm 1.68 ^b	54.93	1.33	72.50
MEDf (%)	0.09 \pm 0.06 ^d	81.83	0.17	1.50

Sin médula (SMED), medulación fragmentada (MEDF), medulación discontinua (MEDD), medulación continua (MEDC), fuertemente medulada (MEDf), error estándar (EE) y coeficiente de variación (CV).

En la segunda columna, letras similares: $p > 0.05$, letras diferentes: $p < 0.001$.

El porcentaje de fibras sin médula (SMED) fue 47.23% superior a lo mencionado por Contreras (2010), quien reportó 42.79% trabajando con animales de ambos sexos y en ocho comunidades de Huancavelica. Asimismo, Pinares (2019) también reportó 42.04%, valor inferior a lo encontrado en el presente trabajo considerado un rango más amplio de edades para alpacas machos.

El porcentaje de fibras con medulación fragmentada (MEDF) y con medulación discontinua (MEDD) son estadísticamente similares reportándose un 12.56% y 13.05%, respectivamente. Radzik-Rant *et al.* (2021) reportaron un valor superior de 20.10% para fibras meduladas discontinuas en alpacas adultas de ambos sexos. Asimismo, Pinares (2019) considerando un amplio rango de edades, obtuvo un valor superior para medulación fragmentada de 33.21% y para medulación discontinua un valor inferior de

7.04%. Esta diferencia con Pinares (2019) puede deberse a los criterios de selección que se emplearon en cada Fundo, así como el número de animales para cada estudio.

El porcentaje de fibras con medulación continua (MEDC) fue 27.07%, superior a 17.58% reportado por Pinares (2019) lo que podría sugerir que hay animales con buena calidad de fibra en el Fundo Pacamarca. Contreras (2010) obtuvo un valor de 14.07% inferior a lo reportado en el presente trabajo. Estos resultados podrían diferenciarse con lo hallado en el presente trabajo debido a la metodología empleada (diferentes equipos para la medición de medulación, diferentes criterios de clasificación de fibras, etc).

El porcentaje de MEDT \pm EE fue $52.77 \pm 1.89\%$ inferior a $57.40 \pm 3.62\%$ y $60.80 \pm 3.47\%$, reportado por Contreras (2010) y Checalla (2021), respectivamente. Por otro lado, Asimismo, en La Paz – Bolivia, Aruquipa (2015) obtuvo 20.30 %. Esta diferencia del porcentaje de medulación reportado por Aruquipa (2015) con el presente trabajo, podría deberse a factores de carácter genético.

4.1.1 Porcentaje de medulación en fibras finas y superfinas

La clase de finura tiene efecto significativo sobre el porcentaje de MEDF, MEDD, MEDC y MEDT (Tabla 4). Los mayores valores se muestran para fibra fina comparada con la superfina. Por consiguiente, a menor porcentaje de medulación le corresponde un menor diámetro. Guillen (2019) menciona que la presencia de médula en la fibra de vellones finos incrementa la variabilidad en el diámetro medio de las fibras.

Tabla 4: Efecto de dos clases de finura (fina y superfina) sobre el porcentaje de fibras meduladas

Clases de finura	MEDF \pm EE (%)	MEDD \pm EE (%)	MEDC \pm EE (%)	MEDf \pm EE (%)	MEDT \pm EE (%)
Fina (> 16.50 μ m)	14.61 \pm 0.69 ^a	14.43 \pm 0.92 ^a	33.25 \pm 0.97 ^a	0.13 \pm 0.04 ^a	62.42 \pm 0.99 ^a
Superfina (\leq 16.50 μ m)	10.23 \pm 0.53 ^b	11.47 \pm 0.58 ^b	20.00 \pm 0.71 ^b	0.05 \pm 0.02 ^b	41.75 \pm 0.89 ^b

Medulación fragmentada (MEDF), medulación discontinua (MEDD), medulación continúa (MEDC), fuertemente medulada (MEDf), medulación total (MEDT) y error estándar (EE). Letras similares por columna: $p > 0.05$, letras diferentes por columna: $p < 0.05$.

Para las fibras con MEDF se observó interacción entre clase de finura y operador que podrían evidenciar el manejo de la medición de los operadores B y D que se diferencian de los operadores A y C. En la Figura 11 se observa que para MEDF el operador A obtuvo 23.61% en fibras finas y 19.06% en superfinas, para el operador B fue 6.11% y 5.18%, para el operador C fue 21.19% y 14.82%, y para el operador D fue 4.50% y 4.47% en fibras finas y superfinas, respectivamente. Para las fibras medulas de tipo MEDD, MEDC y MEDT no se

observó la interacción entre clase de finura y operador (no fue significativa), pues se observa menor porcentaje para fibra superfina comparada con la fibra fina.

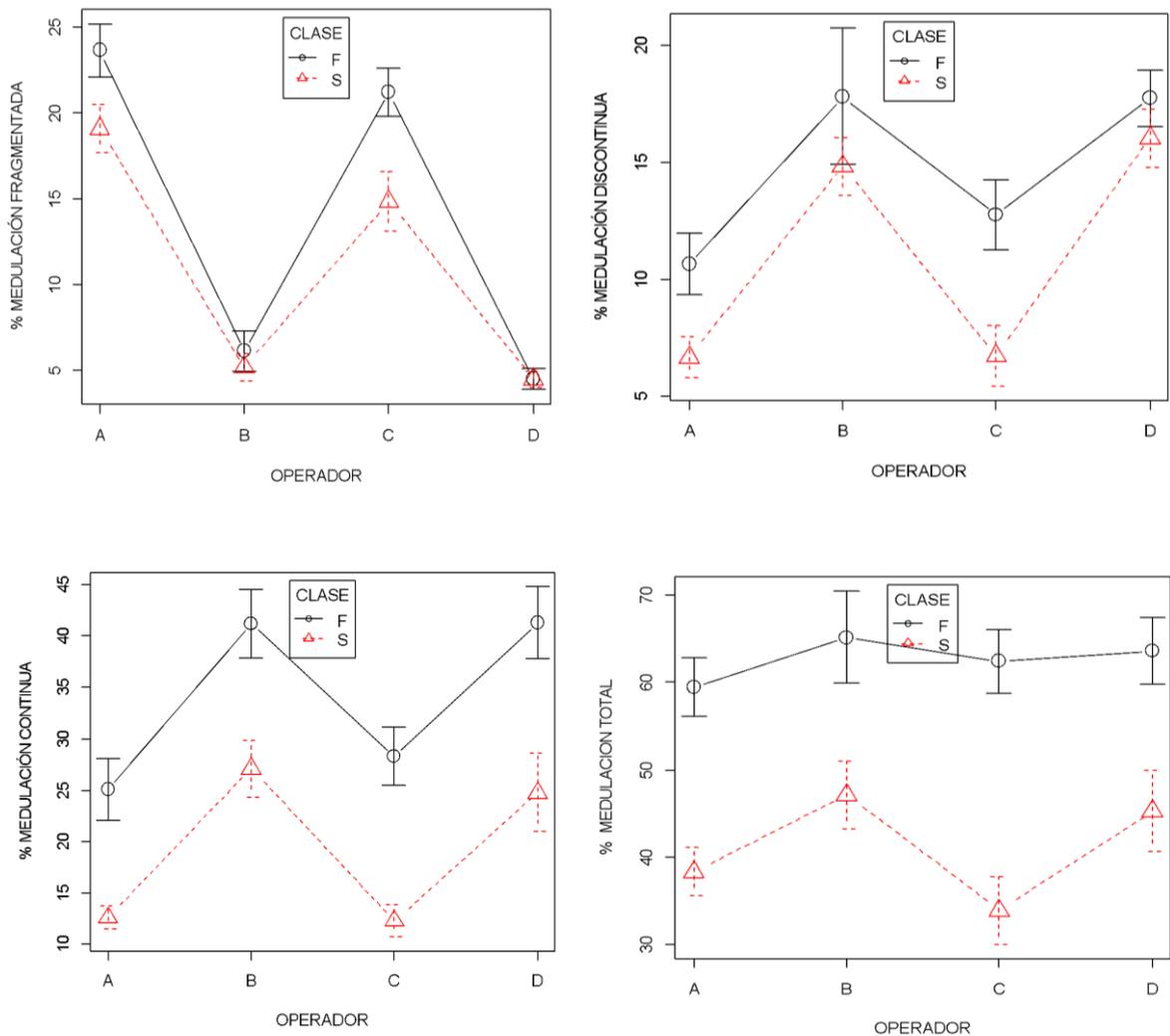


Figura 11. Gráfica de interacción entre clase de finura y operadores para los tipos de medulación.

4.2 Características asociadas a la finura de fibra

Las alpacas de primera esquila tienen buena finura de fibra, aunque esa finura no muestra buena uniformidad. El diámetro medio de fibra (DMF) es de 17.04 μm , pero su DE es alta (4.64 μm), la cual es reflejada en un alto valor de coeficiente de variación de DMF (mayor a 24%).

Tabla 5: Promedios \pm EE, valores mínimos y máximos de las características asociadas a finura de fibra

Variables	Promedio \pm EE	CV	Mínimo	Máximo
DMF (μm)	17.04 \pm 0.70	10.06	13.33	22.29
DE (μm)	4.64 \pm 0.19	14.79	3.11	6.32
CV (%)	27.35 \pm 1.81	13.87	19.06	38.31
FC (%)	98.17 \pm 0.51	1.28	92.67	100.00

Diámetro medio de fibra (DMF), desviación estándar del DMF (DE), coeficiente de variación del DMF (CV), porcentaje de fibras $<$ a 30 μm (FC) y error estándar (EE).

En general el DMF fue de 17.04 \pm 1.71 μm , similar a 17.19 \pm 1.72 μm en fibras sin rizo y ligeramente superior a 16.46 \pm 1.41 μm en fibra rizada (en alpacas dientes de leche y dos dientes) reportado por Pari (2018). Asimismo, Vásquez *et al.* (2015) reportaron 17.8 \pm 0.20 μm en alpacas hembras y machos de primera esquila.

Por otro lado, Poma y Ventura (2009) reportaron valores superiores para DMF de 19.03 μm , 19.04 μm y 18.49 μm en alpacas de 13, 14 y 15 meses, respectivamente. Arango (2016), Radzik-Rant *et al.* (2021) y Machaca *et al.* (2017) reportaron valores de 19.1 \pm 2.20 μm , 20.8 \pm 2.40 μm y 21.61 \pm 0.65 μm , respectivamente. Huanca *et al.* (2007) reportó 22.47 \pm 2.56 μm y 22.74 \pm 1.58 μm en los distritos de Cojata y Santa Rosa, respectivamente. Estos valores mayores al presente estudio pueden deberse a la inclusión de animales de ambos sexos, así como agrupar animales de primera y segunda esquila.

El CV del diámetro medio de fibra fue de 27.35 % superior a 23.68%, 22.33% y 21.30% para alpacas de primera esquila reportados por Machaca *et al.* (2017), Poma y Ventura (2009) y Vásquez *et al.* (2015). Asimismo, Pari (2018) reportó 21.56 % en animales jóvenes y Radzik-Rant *et al.* (2021) reportaron 23.3% en animales adultos. La DE fue 4.64 μm superior a 3.02 μm y 2.20 μm reportadas por Pari (2018) y Arango (2016), respectivamente. Huanca *et al.* (2007) y Machaca *et al.* (2017) reportaron valores mucho más bajos para DE de 2.56 μm y 0.65 μm , respectivamente. En cambio, Radzik-Rant *et al.* (2021) reportaron valor superior de 4.9 μm trabajando con animales adultos de ambos sexos.

El porcentaje de fibras $<$ a 30 μm (FC) fue de 98.17%. Bernabé (2015) determinó el índice de confort de fibra obteniendo resultados similares en animales de 1 año en alpacas (97.29%) y llamas (96.35%). Asimismo, Quispe *et al.* (2009) reportó un FC de 95.34% para alpacas dientes de leche de ambos sexos.

4.3 Diámetro de fibras según tipo de medulación

Los DMF por tipo de medulación son muy variables estadísticamente. Las fibras sin médula (DMFS) muestran finuras menores a $15\mu\text{m}$ (Tabla 6).

Tabla 6: Promedio \pm EE, CV, valores mínimos y máximos de los diferentes DMF

Tipos de DMF	Promedio \pm EE	CV	Mínimo	Máximo
DMFS(μm)	14.47 ± 0.10^e	9.41	11.70	18.40
DMFF (μm)	16.05 ± 1.50^d	9.75	13.10	20.80
DMFD (μm)	17.66 ± 1.55^c	10.61	13.10	21.90
DMFC (μm)	22.38 ± 1.70^b	9.94	17.82	29.22
DMFf (μm)	43.05 ± 0.50^a	29.70	11.50	60.50

DMF sin medulación (DMFS), DMF fragmentada (DMFF), DMF discontinua (DMFD), DMF continua (DMFC), DMF fuertemente medulada (DMFf), coeficiente de variación del DMF (CV) y error estándar (EE). En la segunda columna, letras similares: $p > 0.05$, letras diferentes: $p < 0.001$.

El DMFS \pm DE en el presente estudio fue de $14.47 \pm 1.36\mu\text{m}$. El promedio fue inferior a lo reportado por Pinares (2019) y Aruquipa (2015), quienes hallaron $16.64\mu\text{m}$ y $18.13\mu\text{m}$, respectivamente. Por su parte, Radzik-Rant *et al.* (2021) reportaron $23.27 \pm 1.02\mu\text{m}$ en alpacas machos adultos.

El DMFF fue $16.05\mu\text{m}$ (Figura 12) inferior a $20.87\mu\text{m}$ reportado por Pinares (2019). El DMFD fue $17.66\mu\text{m}$, inferior a $21.21\mu\text{m}$ y $23.20\mu\text{m}$ reportado por Aruquipa (2015) y Pinares (2019), respectivamente. Radzik-Rant *et al.* (2021) reportaron $27.26\mu\text{m}$ en alpacas machos adultos. El diámetro medio de fibra continua (DMFC) fue $22.38\mu\text{m}$, inferior a $26.58\mu\text{m}$, $27.43\mu\text{m}$ y $26.86\mu\text{m}$ reportado por Aruquipa (2015), Pinares (2019) y Guillen (2019), respectivamente. Radzik-Rant *et al.* (2021) reportaron $31.81\mu\text{m}$ en alpacas machos adultos. Por último, el diámetro medio de fibra fuertemente medulada (DMFf) fue $43.05\mu\text{m}$, similar a $42.44\mu\text{m}$ reportado por Aruquipa (2015).

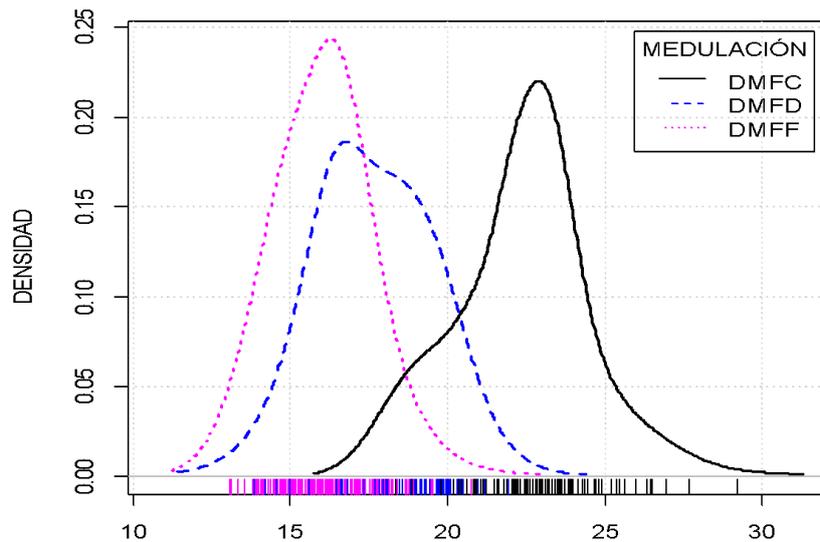


Figura 12. Diámetro medio de fibra (μm) según tipo de medulación: continua (DMFC), discontinua (DMFD) y fragmentada (DMFF).

4.4 Correlaciones fenotípicas

Existen correlaciones fenotípicas entre las características asociados al DMF y porcentaje de fibras meduladas (Tabla 6, Tabla 7). En algunas características se observaron altas correlaciones ($p < 0.05$) como, por ejemplo, entre MEDT y MEDC, y entre DMFS y DMF.

El incremento del diámetro de fibra está directamente asociado con el mayor porcentaje de medulación ($r = 0.60$), siendo reportado con el mismo valor por Martínez (2015) y ligeramente inferior a 0.68 reportado por Wuliji (2018). Asimismo, Cruz *et al.* (2018), Newman y Paterson (1996), McGregor (2006) y Pinares (2019) reportaron valores superiores de 0.72, 0.73, 0.77 y 0.80 respectivamente. Mientras que Aruquipa (2015), Cruz *et al.* (2018) y Loza (2000) reportaron valores inferiores de 0.44, 0.55 y 0.57.

Las correlaciones fenotípicas entre DMF con MEDF, MEDD y MEDC fueron 0.21, 0.29 y 0.48, respectivamente. Esto determinaría que a medida que el diámetro de fibra disminuya, también disminuirán el porcentaje de medulación fragmentada, discontinua y continua.

Tabla 7: Coeficiente de Correlación de Pearson entre los porcentajes de fibras meduladas y características asociadas a la finura de fibra

	MEDD (%)	DE (µm)	FC (%)	MEDf (%)	MEDF (%)	MEDT (%)
MEDC (%)	***	**	***	NS	***	***
CV (%)	NS	***	***	*	*	NS
MEDD (%)	1	NS	NS	NS	***	***
DE (µm)		1	***	**	NS	*
FC (%)			1	0.54	-0.05	0.22
MEDf (%)				1	NS	***
MEDF (%)					1	0.34
MEDT (%)						1
DMF(µm)						0.60

Medulación fragmentada (MEDF), medulación discontinua (MEDD), medulación continua (MEDC), medulación fuertemente medulada (MEDf), medulación total (MEDT), diámetro medio de fibra (DMF), coeficiente de variación de diámetro medio de fibra (CV), desviación estándar de diámetro medio de fibra (DE), porcentaje de fibras < a 30 µm (FC) y porcentaje de fibras > a 30 µm (FP).

*: p<0.05; **: p<0.01; ***: p<0.001; NS: no significativo

La correlación más alta fue entre MEDT y MEDC (0.85) estimándose la siguiente ecuación de regresión para el porcentaje de medulación total: $MEDT = 24.05 + 1.06 (MEDC)$, con un coeficiente de determinación de la regresión ($R^2 = 0.73$), $p < 0.001$ (Figura 13). Sin embargo, entre el porcentaje sin medulación y MEDC fue -0.85, superior a -0.78 reportado por Martínez *et al.* (1997) estableciendo que a un mayor porcentaje de fibras sin médulas se observará un menor porcentaje de fibras con medulación continua. La correlación entre MEDC con MEDF fue -0.34, mientras que Martínez *et al.* (1997) reportaron un valor superior de -0.48. Esta correlación negativa indica que a mayor porcentaje de medulación fragmentada habrá menor porcentaje de medulación continua o viceversa.

Tabla 8: Coeficiente de correlación de Pearson entre el DMF meduladas y características asociadas a la finura

	DMFD (μm)	DMF (μm)	DE (μm)	FC (%)	DMFF (μm)	DMFS (μm)
DMFC (μm)	***	***	**	***	***	***
CV (%)	0.84	0.40	0.29	-0.40	0.73	0.60
DMFD (μm)	1	***	NS	*	***	***
DMF (μm)		1	***	***	***	***
DE (μm)			1	***	NS	NS
FC (%)				1	***	***
FP (%)					0.39	0.45
DMFF (μm)					1	***
						0.82

Diámetro medio de fibra (DMF), DMF sin medulación (DMFS), DMF fragmentada (DMFF), DMF discontinua (DMFD), DMF continua (DMFC), coeficiente de variación del DMF (CV), desviación estándar del DMF (DE), porcentaje de fibras < a 30 μm (FC) y porcentaje de fibras > a 30 μm (FP).

*: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$; NS: no significativo

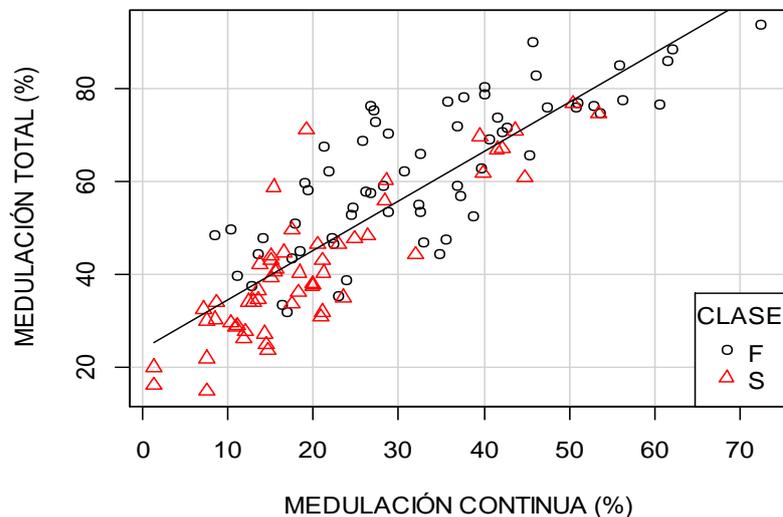


Figura 13. Diagrama de dispersión entre medulación continua y medulación total por clase de finura (F: fina y S: superfina).

La segunda correlación más alta fue entre el DMFS y DMF (Figura 14) mostrando un alto grado de asociación positiva (0.84) y estimándose la siguiente ecuación para la predicción del diámetro medio de fibra sin medulación: $DMFS = 3.03 + 0.67 (DMF)$ con un coeficiente de determinación de la regresión ($R^2 = 0.71$). Esta correlación indica que a medida que

aumente el diámetro medio de fibra sin médula, también incrementa el diámetro promedio de las fibras.

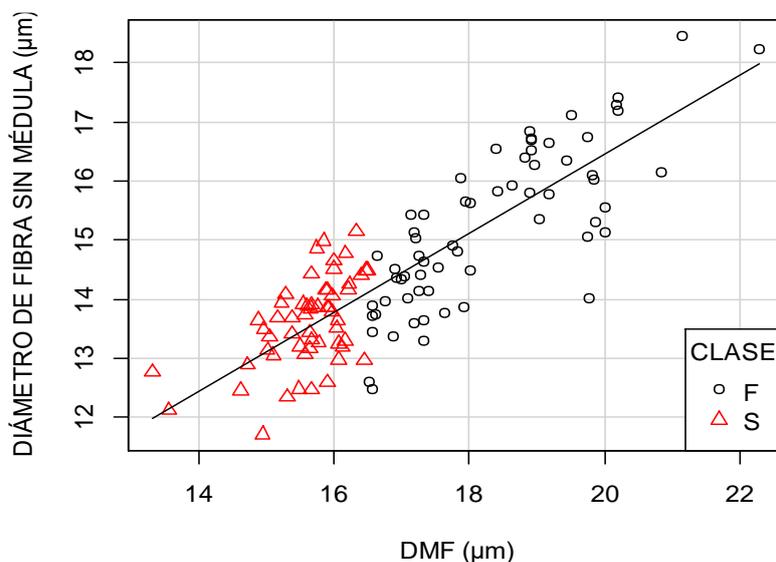


Figura 14. Diagrama de dispersión entre diámetro medio de fibra sin médula (DMFS) y diámetro medio de fibra (DMF) por clase de finura (F: fina y S: superfina).

Las correlaciones de DMFS con DMFF y DMFC fueron 0.82 y 0.60, respectivamente. Martínez *et al.* (1997) reportaron los mismos valores para ambas asociaciones, respectivamente. Martínez (2015) reportó un valor similar para el primer caso (0.79) y un menor valor para el segundo caso (0.47). Esta correlación indicaría que, al disminuir el diámetro medio de fibra sin medulación, disminuirán también en conjunto el diámetro medio para fibras fragmentadas y continuas.

La correlación entre DMFF con DMFC fue 0.73, muy similar a 0.74 reportado por Martínez *et al.* (1997) y superior a 0.62 reportado Martínez (2015). Por otro lado, la correlación entre DMFF con DMFD fue 0.82, mientras que, Pinares (2019) reportaron un valor superior de 0.93 para dicha correlación. Estas correlaciones señalan que a medida que disminuya el diámetro medio de fibra fragmentada, también disminuirá el diámetro medio de fibras continuas y discontinuas.

La correlación fenotípica entre DMF y CV fue -0.26, superior a -0.13 reportado por Machaca *et al.* (2017). El FC y DMF tuvieron una correlación de -0.65, similar a -0.63 reportado por Pari (2018) y Machaca *et al.* (2017), pero inferior a -0.82 reportado por Martínez (2015). Esta correlación indica que la fibra de alpaca será de mejor calidad cuando menor sea el diámetro medio de fibra.

V. CONCLUSIONES

- El porcentaje de fibras meduladas fue alto (52.77%), siendo la medulación continua la más frecuente (27.07%) en el vellón de alpacas Huacaya machos de primera esquila del Fundo Mallkini.
- Existe una correlación positiva (0.60) entre el porcentaje de medulación total y diámetro medio de fibra. El porcentaje de medulación total está correlacionado con el porcentaje medulación continua (0.85) y el porcentaje medulación discontinua (0.68).
- Los promedios del diámetro de fibras meduladas: fragmentada, discontinua, continua y fuertemente medulada incrementaron significativamente de 16.05 μm , 17.70 μm , 22.38 μm y 43.05 μm , respectivamente. Sin embargo, los promedios del diámetro de fibras fragmentadas y discontinuas fueron similares corroborándose con la superposición de sus curvas de distribución.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de asociación entre las fibras meduladas y la sensación de picazón de prendas (considerando fibras meduladas continuas) en diferentes edades de alpacas Huacaya.
- Tomar en cuenta el porcentaje de fibras meduladas continuas para un programa de mejoramiento genético.
- Se recomienda realizar estudios de medulación en fibras de color para animales de diferentes edades.
- Evaluar el perfil de medulación a lo largo de la fibra en alpacas Huacaya de primera esquila.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, H. (2018). Estimación de los parámetros genéticos para caracteres asociados a la uniformidad del diámetro de fibra en el vellón de alpacas. (Tesis de doctorado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Allain, D. & Renieri, C. (2010). Genetics of fibre production and fleece characteristics in small ruminants, Angora rabbit and South American camelids. *Animal*, 4(9): 1472-1481. Doi: <https://doi.org/10.1017/S1751731110000029>.
- Alvarado, F. & Paucar, R. (2018). Efecto de la edad sobre la tasa, tipo de medulación y el diámetro de fibra en alpacas (vicugna pacos) del CIDCS-Lachoc. VIII Congreso Mundial Sobre Camélidos - Tomo II. Oruro, Bolivia. 155p.
- Antonini, M.; Gonzales, M. & Valbonesi, A. (2004). Relationship between age and postnatal skin follicular development in three types of South American domestic camelids. *Livestock Production Science*, 90: 241-246. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.06.001>.
- Antonini, M. (2010). Hair follicle characteristics and fibre production in South American camelids. *Animal*, 4(9): 1460-1471. Doi: <https://doi.org/10.1017/S1751731110001035>.
- Arango, S. (2016). Variación del factor confort en vellones de alpaca Huacaya con relación al sexo y edad (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Aruquipa, M. (2015). Evaluación de la calidad de fibra de alpaca Huacaya (Vicugna Pacos) en dos localidades del municipio de Catacora, departamento de La Paz (Tesis de Pregrado). Universidad Mayor de San Andres, La Paz, Bolivia.
- Aylan-Parker, J. & McGregor, B.A. (2002). Optimising sampling techniques and estimating sampling variance of fleece quality attributes in alpacas. *Small Ruminant Research*, 44(1): 53-64. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(02\)00038-X](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(02)00038-X).

- Badajoz, E.; Sandoval, N.; Garcia, W. & Pezo, D. (2009). Descripción histológica del complejo folicular piloso en crías de alpacas. *Revista de investigación Veterinaria*, 20(2): 154-164. Doi: <https://doi.org/10.15381/rivep.v20i2.601>.
- Bernabé, P.E. (2015). Comparación de las características textiles de las fibras de la llama Chaku (Lama Glama) y la alpaca Huacaya (Vicugna Pacos) del centro de investigación y desarrollo de camélidos sudamericanos-Lachocc (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Bustinza, A.V.; Sapaná, R. & Medina, G. (1985). Crecimiento de la fibra de alpaca durante el año. Proyecto piel de alpaca: informe final. Universidad Nacional del Altiplano Puno, Perú. 115-120.
- Bustinza, A.V. (2001). La alpaca, conocimiento del gran potencial andino. Primera edición. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. 495p.
- Calle, R. (1982). Producción y mejoramiento de la Alpaca. Fondo del libro Banco Agrario del Perú. Lima, Perú. 421p.
- Calzada, J. (1970). Métodos estadísticos para la investigación-3era edición, 611. Lima, Perú: Editorial Jurídica S.A.
- Candío, J. (2011). Caracterización de la fibra de plantel de alpacas de la SAIS Pachacútec-Junín (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Carpio, M. (1978). Tecnología de lanas y comercialización. Programa de Ovinos y Camélidos Americanos, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 62p.
- Carpio, M. (1991). La fibra de camélidos. En: Novoa, C. y Flórez, A. (Eds.), Producción de rumiantes menores: alpacas (295 – 356). Lima, Perú: RERUMEN.
- Checalla, V. (2021). Heredabilidad del diámetro y medulación de fibra en alpacas (Vicugna Pacos) blancas Suri – Anexo Quimsachata, Inia Illpa – Puno. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Puno, Perú.
- Contreras, A. (2010). Estructura cuticular y características físicas de la fibra de alpaca Huacaya (Vicugna pacos) de color blanco (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.
- Corredor, F. (2015) Relación entre las clases de evaluación visual y el peso de vellón, peso vivo y finura en alpacas Huacaya de Pasco (Tesis de Pregrado). Universidad

Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

- Cruz, A.; Morante, R.; Gutiérrez, J.P.; Torres, R.; Burgos, A. & Cervantes, I. (2018). Genetic parameters for medullated fiber and its relationship with other productive traits in alpacas. *Animal*, 13(7): 1358-1364. Doi:10.1017/S1751731118003282.
- Del Carpio, P. (1989). Diámetro de fibra, longitud de fibra y rendimiento de vellón de alpacas Huacaya a diferentes niveles altitudinales (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Altiplano, Puno, Perú.
- Fernández, R. & Aguirre, A. (2010). Manual de acondicionamiento de las lanas. Segunda Versión. Prolana, Ley ovina. Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Nación.
- Franco, F. y San Martín, F. (2007). Efecto del Nivel Alimenticio sobre el rendimiento y calidad de fibra en alpacas. Sistema de revisiones en Investigación Veterinaria en UNMSM. Disponible en: <http://www.unmsm.edu.pe/veterinaria/files/SIRIVS%20N1.pdf> Accesado el 14 de abril de 2010.
- Frank, E.N.; Hick, M.; Molina, M.G. & Caruso, L.M. (2011). Genetic parameters for fleece weight and fibre attributes in Argentinean Llamas reared outside the Altiplano. *Small Ruminant Research*, 99(1): 54-60. Doi:10.1016/j.smallrumres.2011.03.048.
- Frank, E.N.; Prieto, A.; Castillo, M.F.; Frondizi, D.G.S.; Mamani-Cato, R.H. & Hick, M.V.H. (2021). The Prickle Effect Comes From Fabrics Made of South American Camelid (Alpaca and Lama) Fibers. Mechanical and/or Genetic Solutions. A Review. *European Journal of Applied Sciences*, 9(3): 46-57. Doi:10.14738/aivp.93.10130.
- Galbraith, H. (2010). Fundamental hair follicle biology and fine fibre production in animals. *Animal*, 4(9): 1490-1509. Doi: <https://doi.org/10.1017/S175173111000025X>.
- Garnsworthy, R.K.; Gully, R.L.; Kandiah, R.P.; Kenins, P.; Mayfield, R.J. & Westerman, R.A. (1988). Understanding the Causes of Prickle and Itch from Skin Contact of Fabrics, *Australasian Textiles-Journal*, 8(4): 26-29.
- Guillen, A.L. (2019). Variación en el diámetro de fibra por efecto de la medulación en vellones finos de alpacas Huacaya de diferentes edades (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Hardy, J.E. (1933). A practical laboratory method of making thin cross sections of fibers. United State. Department Agriculture. 378p.

- Huanca, T.; Apaza, N. & Lazo, A. (2007). Evaluación del diámetro de fibra en alpacas de las comunidades de los distritos de Cojata y Santa Rosa-Puno. En: XX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA). Cusco, Perú.
- Hunter, L.; Smuts, S. & Botha, A. Characterizing visually objectionable and nonobjectionable medullated fibers in Mohair. (2013). *J. Nat. Fibers*. 112-135.
- Hynd, P.I. & Masters, D.G. (2002). Nutrition and wool growth. In: Freer M, Dove H. (eds). *Sheep nutrition*. Australia: CSIRO. 165-185.
- INEI Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2013). Resultados definitivos IV Censo Nacional Agropecuario 2012. Lima. Perú. 62p.
- IWTO International Wool Textile Organization. (2011). Fibre diameter distribution parameters and percentage of medullated fibres in wool and other animal fibres by the projection microscope. Bruxelles, Belgium.
- Leeson, T.; Leeson, C.; Paparo, A & Hernández, C. (1990). Texto Atlas de Histología-1ra Edición, 365-386. México, Editorial interamericana-Mac Graw Hill.
- Lencinas, S. & Torres, D. (2010). Desarrollo de competencias en buenas prácticas de esquila y valor agregado de la fibra de alpaca. Manual Técnico-DESCO. Lima, Perú.
- Leyva, C. (1979). Dispersión del diámetro en cinco calidades de fibra de alpaca dentro de la clasificación comercial (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Loza, J. (2000). Características físicas de la fibra de la alpaca Huacaya de color del C.I.P. La Raya (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Lupton, C.J.; McColl, A. & Stobart, R.H. (2006). Fiber characteristics of the Huacaya alpaca. *Small Ruminant Research*, 64: 211-224.
- Lupton, C.J.; Pfeiffer, F.A. & Blakeman, N.E. (1991). Medullation in mohair. *Small Ruminant Research*, 5: 357-365.
- Machaca, V.; Bustinza, A.V.; Corredor, F.A.; Paucara, V.; Quispe, E.E. & Machaca, R. (2017). Características de la fibra de alpaca Huacaya de Cotaruse, Apurímac, Perú. *Revista de Investigación Veterinaria*, 28(4): 843-851. Doi: <https://doi.org/10.15381/rivep.v28i4.13889>.
- Martínez, Z.; Iñiguez, L.C. & Rodríguez, T. (1997). Influence of effects on quality traits and

- relationships between traits of the llama fleece. *Small Ruminant Research*, 24: 203-212. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(96\)00925-X](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(96)00925-X).
- Martínez, L. (2015). Evaluación de las características físicas de la fibra de híbrido “misti” producto del cruzamiento de alpaca (vicugna pacos) macho y llama (lama glama) hembra en el municipio de Catacora departamento de la paz (Tesis de Pregrado). Universidad Mayor de San Andres, La Paz, Bolivia.
- McGregor, B.A. (1998). Nutrition, management and other environmental influences on the quality and production of mahair and cashmere with particular referencia to Mediterranean and annual temperate climatic zones: A review. *Small Ruminant Research*, 28: 199-215.
- McGregor, B.A. & Butler, K.L. (2004). Sources of variation in fibre diameter attributes of Australian alpacas and implications for fleece evaluation and animal selection. *Australian Journal of Agricultural Research*, 55: 433-442. Doi:10.1071/AR03073.
- McGregor, B.A. (2018). Physical, chemical, and tensile properties of cashmere, mohair, alpaca, and other rare animal Fibers. *Handbook of Properties of Textile and Technical Fibres*, 105- 136. Recuperada de <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101272-7.00004-3>.
- McGregor, B.A. (2006). Production attributes and relative value of alpaca fleeces in southern Australia and implications for industry development. *Small Ruminant Research*, 61: 93-111. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.07.001>.
- MINAGRI Ministerio de Agricultura y Riego. (2019). Potencial productivo y comercial de la alpaca.
- Moore, K.E.; Maloney, S.K. & Blache, D. (2015). High follicle density does not decrease sweat gland density in Huacaya alpacas. *Journal of thermal biology*, 47: 1-6. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2014.10.009>.
- Pari, E. (2018). Principales características de finura y correlación según el número de rizos en alpacas reproductores Huacaya (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Pinares, R.; Gutiérrez, G.A.; Cruz, A.; Burgos, A. & Gutiérrez, J.P. (2019). Variabilidad fenotípica del porcentaje de fibras meduladas en el vellón de alpaca Huacaya. *Revista de Investigaciones Veterinarias. Perú*. 30(2): 699-708. Doi:

<http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i2.16098>.

- Pinares, R.; Gutiérrez, G.A.; Cruz, A.; Morante, R.; Cervantes, I.; Burgos, A. & Gutiérrez, J. (2018). Heritability of individual fiber medullation in Peruvian alpacas. *Small Ruminant Research*, 165: 93-100. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.04.007>.
- Poma, A. & Ventura, C. (2009). Caracterización del perfil de diámetro de fibra en alpacas Huacaya de color blanco (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.
- Poppy, D.P. & McLennan, S.R. (2010). Nutritional research to meet future challenges. *Animal Production Science*, 50(6): 329–338. Doi: <https://doi.org/10.1071/AN09230>.
- Powell, B. & Rogers, G. (1997). The role of keratin proteins and their genes in the growth, structure and properties of hair. *Formation and Structure of Human Hair*, 78: 59-148. Doi: [10.1007/978-3-0348-9223-0_3](https://doi.org/10.1007/978-3-0348-9223-0_3).
- Quispe, E.C.; Alfonso, L.; Flores, A.; Guillén, H. & Ramos, Y. (2009). Bases to an improvement program of the alpacas in highland region at Huancavelica, Perú. *Archivos de Zootecnia*, 58(224): 705-716.
- Quispe, E.C.; Poma, A. & Purroy, A. (2013). Características productivas y textiles de la fibra de alpacas de la raza Huacaya. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 7(1): 1-29. Doi: [10.5209/rev_RCCV.2013.v7.n1.41413](https://doi.org/10.5209/rev_RCCV.2013.v7.n1.41413).
- Radzik-Rant A., Wiercińska K. (2021). Analysis of the wool thickness and medullation characteristics based on sex and color in a herd of alpacas in Poland. *Arch. Anim. Breed.* 64: 157–165. Doi: [10.5194/aab-64-157-202](https://doi.org/10.5194/aab-64-157-202).
- R Core Team. (2021). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical. Disponible en <https://www.R-project.org/>.
- Rodríguez, T. (2007). Producción de fibra de camélidos, calidad de fibra de llama descordada y clasificada. En Cardozo A. (ed.) *Camélidos*. Bolivia, Cochabamba. 361-374.
- Rogers, G. (2004). Hair follicle differentiation and regulation. *International Journal of Developmental Biology*, 48(2-3):163-170. Doi: [10.1387/ijdb.15272381](https://doi.org/10.1387/ijdb.15272381).
- Sánchez, A.L.; Urioste, J.I.; Peñagaricano, F.; Neimaur, K.; Sienna, I.; Naya, H. & Kremer, R. (2016). Genetic parameters of objectionable fibers and of their associations with

- fleece traits in Corriedale sheep. *Journal of Animal Science*, 94: 13-20. Doi: 10.2527/jas.2015-9619.
- Scobie, D. & Woods, J. (1992). A review implicating a two compartment model for the processes of cell division and differentiation in the Wool Follicle. *Proceedings of the New Zealand society of Animal Production*, 52: 265-271.
- Slobodan, M. & Snezana, J. (1998). Control of hair growth. *Dermatology Online Journal*, 4 (1): 1-15.
- Solis, R. (2000). *Producción de camélidos sudamericanos-1era edición*, 550. Pasco, Perú: Imprenta Ríos S.A.
- Trejo, W. (1986). Estudio de la correlación fenotípica entre el diámetro de fibra y la escala de colores en la raza Huacaya (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Vásquez, R.; Gómez-Quispe, O. & Quispe, E. (2015). Características tecnológicas de la fibra blanca de alpaca Huacaya en la Zona Altoandina de Apurímac. *Revista de Investigación Veterinaria, Perú*. 26(2): 213-222.
- Vélez, V.; Torres de Jasauí, J.; Leyva, V. & García, W. (2009). Histología descriptiva de la piel de Alpaca. V Congreso mundial sobre camélidos. Riobamba, Chimborazo, Ecuador.
- Villaruel, J. (1963). Un estudio de la fibra de alpaca. *Anales Científicos Universidad Nacional Agraria La Molina*, 1: 246–274.
- Wang, X.; Wang, L. & Liu, X. (2003). *The Quality and Processing Performance of Alpaca Fibres. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation-RIRDC*. Australia. 132p.
- Wang, X.; Xin, L. & Wang, H.M. (2005). Internal structure and pigment granules in coloured alpaca fibers. *Fibers and Polymers*, 6: 263-268.
- Warn L.K.; Geenty K.G. & McEachern S. (2006). Wool meets meat: Tools for a modern sheep enterprise. *Proceeding of the Australian Sheep Industry CRC Conference*, Orange, Australia. 60-71.
- Wilson, J.F. (1929). The medullated wool fiber. *Hilgardia a Journal of Agricultural Science* 4(5): 135-152. Doi:10.3733/hilg. v04n05p135.

Wuliji, T. (2018) Evaluation of fiber diameter and correlated fleece characteristics of an extreme fine alpaca strain farmed in Missouri. *Journal of Camelid Science*, 10: 17–30. Disponible en: <http://www.isocard.net/en/journal>.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Características de la fibra analizadas con microscopio de proyección.

ARETE	OPERADOR	DMF	DE	CV	FC	FP	%MED	EE	N total
116515	A	17,92	5,55	30,98	97,00	3,00	62,33	1,98	600
116114	A	20,21	5,24	25,92	96,50	3,50	62,33	1,98	600
216143	A	17,13	3,63	21,17	99,67	0,33	48,50	2,04	600
116688	A	15,88	4,10	25,83	99,50	0,50	36,67	1,97	600
216149	A	18,03	5,90	32,70	96,00	4,00	37,67	1,98	600
1215048	A	18,93	4,58	24,17	98,00	2,00	59,00	2,01	600
1215376	A	15,02	3,92	26,12	99,83	0,17	34,67	1,94	600
1215375	A	16,00	4,60	28,72	98,50	1,50	34,00	1,93	600
1215319	A	16,65	4,24	25,49	98,50	1,50	49,83	2,04	600
116715	A	19,05	5,40	28,36	97,33	2,67	90,17	1,22	600
1215304	A	16,57	4,91	29,61	98,00	2,00	54,33	2,03	600
216178	A	15,65	4,78	30,55	98,83	1,17	49,67	2,04	600
116710	A	14,73	3,89	26,41	98,83	1,17	42,33	2,02	600
216827	A	16,90	4,55	26,89	98,50	1,50	44,50	2,03	600
1215648	A	17,18	4,62	26,91	98,67	1,33	69,17	1,89	600
116129	A	16,34	3,97	24,30	98,83	1,17	22,00	1,69	600
116131	A	15,29	3,95	25,84	99,17	0,83	32,67	1,91	600
116402	A	19,44	3,71	19,06	99,33	0,67	80,33	1,62	600
116718	A	15,76	3,94	25,00	98,50	1,50	58,83	2,01	600
216192	A	17,33	4,50	25,99	98,17	1,83	39,67	2,00	600
216527	A	17,29	6,02	34,81	96,67	3,33	43,67	2,02	600
216532	A	19,86	5,61	28,24	94,83	5,17	76,17	1,74	600
216551	A	18,64	4,06	21,76	98,33	1,67	68,83	1,89	600
216816	A	15,11	4,47	29,61	99,17	0,83	44,00	2,03	600
316217	A	17,10	4,92	28,74	98,17	1,83	57,67	2,02	600

1215001	A	16,06	4,70	29,27	99,00	1,00	40,50	2,00	600
1215037	A	15,54	4,08	26,25	99,17	0,83	30,50	1,88	600
1215327	A	16,57	4,75	28,68	98,00	2,00	67,50	1,91	600
1215361	A	18,42	4,37	23,72	98,00	2,00	58,17	2,01	600
1215374	A	15,98	4,94	30,91	98,67	1,33	34,17	1,94	600
1-16-520	B	17,34	5,52	31,86	97,33	2,67	77,17	1,71	600
1-16-751	B	15,49	4,77	30,79	98,50	1,50	67,17	1,92	600
1-16-771	B	15,57	4,40	28,24	98,67	1,33	60,17	2,00	600
12-15-618	B	16,13	4,41	27,37	98,17	1,83	76,83	1,72	600
1-16-761	B	15,32	4,30	28,06	99,00	1,00	71,00	1,85	600
1-16-115	B	19,77	5,02	25,38	97,33	2,67	88,50	1,30	600
1-16-097	B	15,67	4,58	29,24	99,00	1,00	69,83	1,87	600
1-16-059	B	18,01	4,09	22,74	99,17	0,83	82,83	1,54	600
1-16-064	B	20,00	6,32	31,62	96,17	3,83	78,67	1,67	600
1-16-475	B	15,51	5,94	38,31	97,17	2,83	31,00	1,89	600
1-16-523	B	16,04	4,83	30,13	98,50	1,50	46,50	2,04	600
2-16-812	B	15,93	4,08	25,59	99,67	0,33	43,17	2,02	600
11-61-064	B	19,75	6,08	30,81	96,50	3,50	76,00	1,74	600
12-15-653	B	15,67	3,24	20,69	100,00	0,00	40,67	2,01	600
12-15-358	B	15,78	5,02	31,80	98,83	1,17	43,17	2,02	600
1-16-449	B	17,82	5,36	30,11	97,17	2,83	47,67	2,04	600
2-16-207	B	15,61	5,57	35,68	98,00	2,00	27,33	1,82	600
2-16-539	B	13,57	3,70	27,27	99,67	0,33	32,00	1,90	600
2-16-811	B	16,87	6,11	36,21	96,00	4,00	52,67	2,04	600
2-16-838	B	17,76	4,64	26,15	98,50	1,50	44,50	2,03	600
2-16-841	B	14,95	5,12	34,24	97,17	2,83	60,83	1,99	600
2-16-857	B	14,63	3,62	24,73	100,00	0,00	44,33	2,03	600
12-15-325	B	15,38	4,46	29,01	98,33	1,67	35,17	1,95	600

12-15-363	B	18,90	5,34	28,23	96,00	4,00	35,50	1,95	600
12-15-649	B	15,58	4,05	25,99	98,83	1,17	37,67	1,98	600
1-16-446	B	17,05	4,14	24,28	98,67	1,33	85,83	1,42	600
1-16-462	B	16,63	5,19	31,22	97,00	3,00	53,67	2,04	600
2-16-820	B	18,90	4,73	25,04	98,00	2,00	59,17	2,01	600
12-15-039	B	16,47	4,84	29,41	97,67	2,33	37,83	1,98	600
1-16-768	B	14,89	3,66	24,62	99,00	1,00	23,67	1,74	600
1215646	C	16,75	4,88	29,14	97,83	2,17	70,33	1,86	600
116252	C	15,18	3,69	24,31	99,50	0,50	34,17	1,94	600
116388	C	16,23	4,00	24,66	99,50	0,50	39,33	1,99	600
116408	C	17,64	5,46	30,97	97,67	2,33	72,00	1,83	600
116482	C	15,91	3,31	20,80	99,50	0,50	71,17	1,85	600
116500	C	16,41	5,08	30,94	97,33	2,67	25,00	1,77	600
116695	C	18,97	5,38	28,36	96,33	3,67	47,83	2,04	600
116777	C	18,93	3,65	19,25	99,33	0,67	76,33	1,74	600
216843	C	15,85	5,04	31,81	99,00	1,00	20,17	1,64	600
216552	C	15,97	4,93	30,85	98,17	1,83	36,17	1,96	600
216896	C	17,55	5,09	29,01	98,50	1,50	57,83	2,02	600
1215004	C	19,74	4,52	22,91	98,17	1,83	75,50	1,76	600
1215021	C	18,92	4,92	25,98	98,00	2,00	47,83	2,04	600
1215302	C	16,21	4,66	28,78	99,00	1,00	29,67	1,86	600
1215305	C	16,18	3,87	23,94	99,17	0,83	28,67	1,85	600
116101	C	19,19	5,01	26,10	97,17	2,83	45,17	2,03	600
116108	C	15,65	3,95	25,24	99,67	0,33	44,83	2,03	600
116112	C	17,26	5,54	32,09	98,17	1,83	51,00	2,04	600
116122	C	21,15	5,57	26,33	92,67	7,33	59,83	2,00	600
116130	C	17,18	4,88	28,40	98,00	2,00	32,00	1,90	600
116391	C	19,19	4,18	21,77	98,17	1,83	72,83	1,82	600

116709	C	20,01	4,89	24,43	97,00	3,00	76,83	1,72	600
216529	C	15,05	4,60	30,58	98,33	1,67	26,33	1,80	600
216581	C	16,50	4,50	27,26	98,50	1,50	41,17	2,01	600
216875	C	18,83	5,08	26,96	98,00	2,00	46,67	2,04	600
1215045	C	19,81	4,65	23,49	96,00	4,00	78,17	1,69	600
1215303	C	19,85	6,32	31,85	93,83	6,17	85,00	1,46	600
1215602	C	13,33	3,12	23,41	99,67	0,33	16,33	1,51	600
1215639	C	20,20	4,46	22,05	98,00	2,00	66,00	1,93	600
1215659	C	16,01	3,55	22,19	99,17	0,83	27,83	1,83	600
116082	D	17,21	4,77	27,73	98,83	1,17	53,50	2,04	600
116414	D	17,40	5,95	34,19	97,00	3,00	56,83	2,02	600
116450	D	17,34	5,48	31,59	97,50	2,50	70,83	1,86	600
116675	D	20,85	5,44	26,09	94,17	5,83	73,83	1,79	600
116679	D	16,92	4,31	25,48	99,00	1,00	75,83	1,75	600
1215654	D	15,67	3,11	19,87	100,00	0,00	55,83	2,03	600
116135	D	17,26	4,78	27,70	98,83	1,17	52,83	2,04	600
216151	D	15,91	4,70	29,51	98,67	1,33	61,83	1,98	600
116778	D	16,07	5,42	33,74	97,67	2,33	46,50	2,04	600
216880	D	17,33	4,79	27,64	98,50	1,50	77,50	1,70	600
1215614	D	15,68	4,70	29,95	99,00	1,00	48,50	2,04	602
1215663	D	22,29	4,45	19,98	96,00	4,00	93,67	0,99	600
2161551	D	16,57	5,03	30,38	98,67	1,33	65,83	1,94	600
216429	D	16,07	4,61	28,67	99,17	0,83	47,83	2,04	600
1215620	D	17,87	4,25	23,76	98,83	1,17	33,67	1,93	600
116102	D	17,00	4,40	25,89	99,00	1,00	55,17	2,03	600
116383	D	15,66	4,92	31,41	97,67	2,33	29,00	1,85	600
116407	D	15,38	4,36	28,33	99,33	0,67	33,67	1,93	600
116412	D	15,90	4,53	28,48	98,00	2,00	38,17	1,98	600

116472	D	18,41	4,18	22,71	99,33	0,67	47,00	2,04	600
116477	D	14,97	3,81	25,48	98,50	1,50	40,50	2,00	600
116483	D	17,95	4,78	26,61	98,33	1,67	39,00	1,99	600
116502	D	15,23	3,97	26,09	99,17	0,83	30,17	1,87	600
116663	D	16,46	5,18	31,46	97,67	2,33	74,67	1,78	600
116731	D	20,17	4,02	19,95	98,00	2,00	71,67	1,84	600
116700	D	19,52	4,07	20,88	98,00	2,00	76,67	1,73	600
116780	D	16,17	4,41	27,28	98,50	1,50	67,00	1,92	600
116804	D	16,53	4,62	27,97	99,00	1,00	74,83	1,77	600
216842	D	16,56	4,42	26,68	98,83	1,17	63,00	1,97	600
216852	D	15,75	4,03	25,58	98,33	1,67	15,00	1,46	600

Anexo 2: Coeficiente de correlación de Pearson entre las características textiles de la fibra y porcentaje de medulación.

	MEDC	DMFD	MEDD	DMF	DE	FC	FP	DMFF	MEDF	MEDT	SMED	DMFS
DMFC	*** -0.49	*** 0.84	*** -0.43	*** 0.40	** 0.29	*** -0.40	*** 0.40	*** 0.73	*** 0.42	*** -0.35	*** 0.35	*** 0.60
MEDC	1	*** -0.42	*** 0.57	*** 0.48	** 0.28	*** -0.34	*** 0.34	NS -0.15	*** -0.34	*** 0.85	*** -0.85	NS 0.07
CV		*** -0.31	NS -0.13	** -0.26	*** 0.78	*** -0.34	*** 0.34	** -0.29	* -0.22	NS -0.17	NS 0.17	*** -0.46
DMFD		1	*** -0.37	*** 0.48	NS 0.02	* -0.21	* 0.21	*** 0.82	*** 0.49	** -0.24	** 0.24	*** 0.71
MEDD			1	** 0.29	NS 0.06	NS -0.09	NS 0.09	NS -0.15	*** -0.30	*** 0.68	*** -0.68	NS 0.02
DMF				1	*** 0.39	*** -0.65	*** 0.65	*** 0.70	* 0.21	*** 0.60	*** -0.60	*** 0.84
DE					1	*** -0.75	*** 0.75	NS 0.17	NS -0.05	* 0.22	* -0.22	NS 0.10
FC						1	-1	*** -0.39	NS -0.05	*** -0.34	*** 0.34	*** -0.45
DMFF								1	*** 0.40	NS 0.03	NS -0.03	*** 0.82
MEDF									1	NS 0.11	NS -0.11	*** 0.31
SMED											1	* -0.21

SMED: sin medulación, MEDF: medulación fragmentada, MEDD: medulación discontinua, MEDC: medulación continua, MEDT: medulación total, DMFS: diámetro medio de fibra sin medulación, DMFF: diámetro medio de fibra fragmentada, DMFD: diámetro medio de fibra discontinua, DMFC: diámetro medio de fibra continua.

*: p<0.05; **: p<0.01; ***: p<0.001; NS: no significativo

Anexo 3: Análisis de varianza para porcentaje de medulación total.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F Valor	Pr (>F)
Clase de finura	1	13496.9	13496.9	58.2418	8.294e-12 ***
Operador	3	1376.7	458.9	1.9802	0.121
Clase: operador	3	522.1	174.03	0.7509	0.524
Residual	112	26478.4	236.41		

***: p<0.001

Anexo 4: Análisis de varianza para porcentaje de medulación fragmentada.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F Valor	Pr (>F)
Clase de finura	1	257.6	257.6	11.5897	0.0009211 ***
Operador	3	6700.5	2233.5	100.5066	< 2.2e-16 ***
Clase: operador	3	196.7	65.57	2.9502	0.0358172*
Residual	112	2488.9	22.22		

*: p<0.05; ***: p<0.001

Anexo 5: Análisis de varianza para porcentaje de medulación discontinua.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F Valor	Pr (>F)
Clase de finura	1	395.6	395.6	11.9716	0.0007652 ***
Operador	3	1600.4	533.47	16.1437	0.000000008669 ***
Clase: operador	3	72.7	24.23	0.7334	0.5342301
Residual	112	3701.1	33.046		

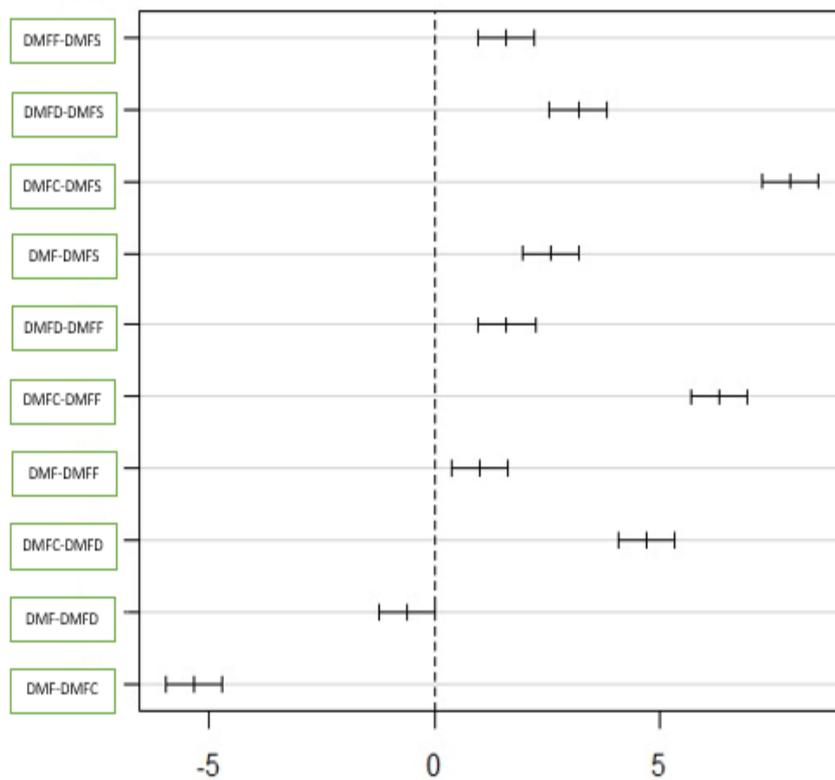
***: $p < 0.001$

Anexo 6: Análisis de varianza para porcentaje de medulación continua.

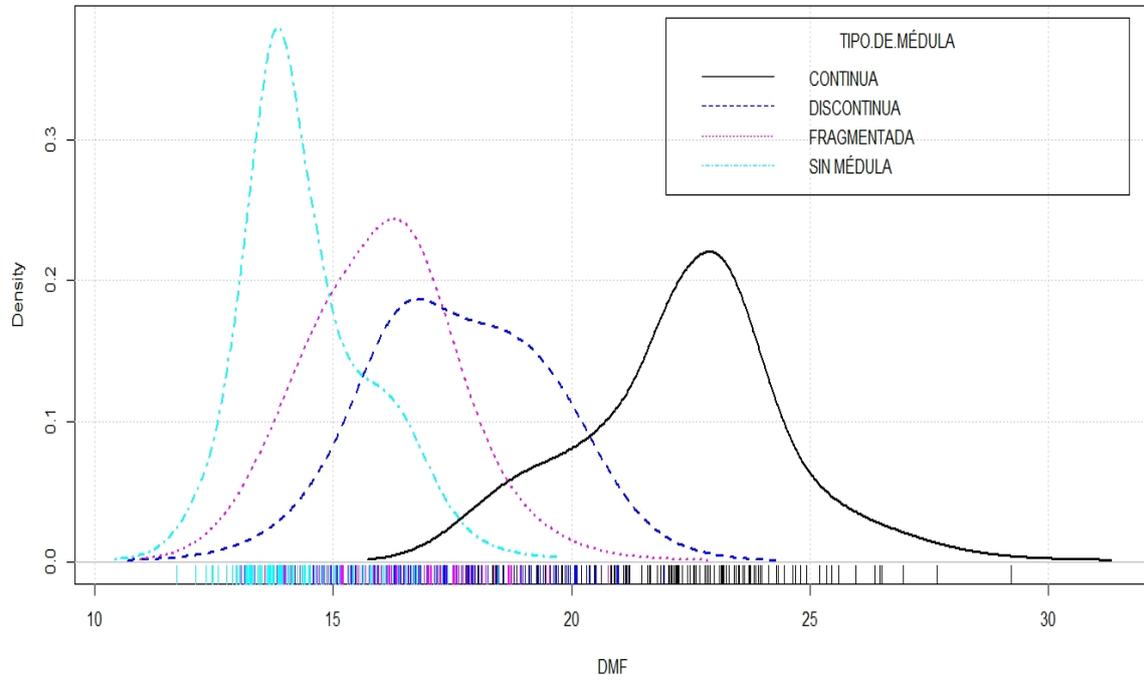
Fuentes de variación	GL	SC	CM	F Valor	Pr (>F)
Clase	1	6379.0	6379.0	47.7904	3.071e-10 ***
Operador	3	6033.2	2011.067	15.0666	2.648e-08 ***
Clase: operador	3	73.9	24.63	0.1846	0.9067
Residual	112	14949.17	133.47		

***: $p < 0.001$

Anexo 7: Comparación múltiple del promedio del diámetro de fibras meduladas (considerando los intervalos de confianza).



Anexo 8: Curva de distribución del diámetro medio de fibra (μm) según la presencia de médula.



Anexo 9: Análisis de fibra con microscopio de proyección en el Laboratorio de Fibras Textiles, Piel y Cueros “Alberto Pumayalla Díaz”.

