UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

"VALIDACIÓN DEL MINIFIBER EC COMPARADO CON EL OFDA 2000 Y SIROLAN LASERSCAN UTILIZANDO DIVERSAS FIBRAS DE ORIGEN ANIMAL"

TESIS

PRESENTADO POR:

KATHERINE DANIELA ARIAS HUAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

ABANCAY - PERÚ

2018

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Tesis

"VALIDACIÓN DEL MINIFIBER EC COMPARADO CON EL OFDA 2000 Y SIROLAN LASERSCAN UTILIZANDO DIVERSAS FIBRAS DE ORIGEN ANIMAL"

Presentado por **KATHERINE DANIELA ARIAS HUAMANI,** para optar el Título de:

MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

Sustentado y aprobado el 21 de agosto del 2018 ante el jurado:

Presidente: _____
MVZ. Víctor Raul Cano Fuentes

Primer Miembro: _____
MVZ. Valeriano Paucara Ocsa

Segundo Miembro: _____
MVZ. Mtro. Max Henry Escobedo Enríquez

Asesor: _____
MVZ. Mag. Virgilio Machaca Machaca

Asesor: _____
Ph.D. Edgar Carlos Quispe Peña

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

AGRADECIMIENTOS

Al Programa Nacional de Innovación Agraria mediante el proyecto "Construcción de novedosos equipos para estudio de fibras, lanas, pelos y piel de animales: Su impacto en el mejoramiento genético y conservación de camélidos sudamericanos" por el apoyo económico para poder realizar la investigación.

Al Ph. D. Edgar Quispe Peña por el asesoramiento y apoyo brindado en todo el proceso de la investigación ya que sin su ayuda y conocimientos invalorables no hubiese sido posible realizar esta tesis. Gracias por el tiempo compartido y la disposición de ayudar.

Al director del Laboratorio de Fibras Textiles EEA – INTA – Bariloche, Ing. Diego Sacchero y todo el equipo técnico por su disposición y apoyo constante en el procesamiento de las muestras y comparación de equipos.

Al MVZ. Mag. Virgilio Machaca Machaca, por sus valiosos consejos y por su apoyo en las gestiones para el desarrollo de la investigación impulsando el desarrollo de mi formación profesional.

A los miembros del Jurado Evaluador: MVZ. Victor Raúl Cano Fuentes, MVZ. Valeriano Paucara Ocsa y MVZ. Mag. Max Henry Escobedo Enríquez por ser parte fundamental en el desarrollo de este trabajo de investigación.

A todos mis docentes de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, por su enseñanza y amistad.

A mis amigos Wilson Cosio Peña, Jorge Valenza Córdova y Yorka Castro Félix por su amistad y apoyo incondicional, a pesar de las adversidades, en el proceso de muestreo para el trabajo de investigación.

A mi compañero de vida Aizic Garrafa Barrios, por su apoyo incondicional y motivación para lograr mis objetivos.

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida y haber puesto en mi camino a personas que ayudaron en mi desarrollo personal y pre – profesional.

A mi abuela Placida Luna, por ser mi guía desde el cielo, y a mi abuelo Saturnino Arias, por ser mi padre y mejor amigo, siendo el motor durante toda mi vida.

A mi tía y madrina Giovanna Arias por ser mi madre, hermana, mejor amiga y compañera de toda la vida, enseñándome que nada es imposible y que los límites no existen.

A mis padres, Yessica Huamani y Roberto Arias, por inculcarme cada día a luchar por mis sueños y enseñarme que todo se consigue con esfuerzo y dedicación.

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

ÍNDICE

Resumen 1

Abstract 2

Capitulo I. Planteamiento del problema 3

1.1 Descripción del problema 3

1.2 Enunciado 4

1.2.1 General 4

1.2.2 Específicos 4

1.3 Objetivos 5

1.3.1 General 5

1.3.2 Específicos 5

1.4 Justificación 5

1.5 Delimitación 6

Capitulo II. Marco Teórico 7

2.1 Antecedentes 7

2.2 Marco referencial 8

2.2.1 Equipos para medición de fibras 8

2.2.1.1 MiniFiber EC 9

2.2.1.2 OFDA 2000 9

2.2.1.3 Sirolan Laserscan 10

2.2.2 Fibras de origen animal 11

2.2.2.1 Lana 11

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

2.2.2.2 Fibra de pelos finos 12

2.2.2.2.1 Alpaca 12

2.2.2.2.2 Llama 13

2.2.2.2.3 Guanaco 13

2.2.2.2.4 Vicuña 14

2.2.2.2.5 Mohair 15

2.2.2.2.6 Cachemira 16

2.2.3 Características de la fibra de origen animal 16

2.2.3.1 Diámetro de fibra 16

2.2.3.2 Factor de confort 17

2.2.3.3 Coeficiente de variación del diámetro 17

2.2.4 Exactitud y precisión 18

2.2.4.1 Exactitud 18

2.2.4.1.1 Límites de aceptación 18

2.2.4.2 Precisión 19

2.2.5 Especificaciones IWTO 20

2.2.5.1 Acondicionamiento de laboratorios 20

2.3 Definición de términos 20

Capitulo III. Diseño metodológico 22

3.2 Operacionalización de las variables 22

3.3 Hipótesis de la investigación 22

3.3.1 Hipótesis general 22

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

3.3.2 Hipótesis específicas 23

3.4 Tipo y diseño de la investigación 23

3.4.1 Tipo 23

3.4.2 Diseño 23

3.5 Población y muestra 23

3.6 Procedimiento de la investigación 24

3.6.1 Para la toma de muestras 24

3.6.2 De las condiciones de laboratorio 24

3.6.3 Para la comparación de equipos con muestras en mechas 24

3.6.4 Para la comparación de equipos con muestras en fragmentos 25

3.6.5 Para evaluar la exactitud y precisión del MiniFiber EC 26

3.7 Material de investigación 26

3.7.1 Instrumentos de investigación 26

3.7.2 Diseño de materiales 27

3.7.2.1 Materiales de campo 27

3.7.2.2 Materiales y equipos de laboratorio 27

3.7.2.3 Materiales de escritorio 28

Capitulo IV. Resultados 29

4.1 Descripción de los resultados 29

4.1.1 De la medición de fibras en el MiniFiber EC, OFDA 2000 y Sirolan Laserscan 29

4.1.2 De la correlación y regresión entre el Mini Fiber EC, OFDA 2000 y Sirolan Laserscan 34

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

4.1.3 De la precisión y exactitud del Mini Fiber EC 41

4.2 Discusión de los resultados 45

4.2.1 De la medición de fibras en el MiniFiber EC, OFDA 2000 y Sirolan Laserscan 45

4.2.2 De la correlación y regresión entre el MiniFiber EC, OFDA 2000 y Sirolan Laserscan 45

4.2.3 De la precisión y exactitud del MiniFiber EC 46

Capitulo V. Conclusiones y recomendaciones 48

5.1 Conclusiones 48

5.2 Recomendaciones 48

Bibliografía 49

Anexos 53

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Promedio ± error estándar (EE) de la media del diámetro de fibra (MDF), desviación estándar de la MDF (DEMDF), factor de confort (FC) y coeficiente de variación de la MDF (CVMDF) de mechas limpias y sucias de fibras de alpacas, ovinos, llama y mohair evaluados con el MiniFiber EC y el OFDA 2000….....…...……...……29

Tabla 2. Promedio ± error estándar (EE) del diámetro de fibra (MDF), desviación estándar de la MDF (DEMDF), factor de confort (FC) y coeficiente de variación de la MDF (CVMDF) de fragmentos limpios de fibras de cachemira, guanaco, ovino y vicuña evaluados con el MiniFiber EC, OFDA y Laserscan…….……..31

Tabla 3. Coeficientes de correlación de Pearson (r) y estadísticos de regresiones lineales entre los resultados obtenidos con el MiniFiber EC y OFDA 2000 con respecto al diámetro de fibra diámetro de fibra (MDF), desviación estándar de la MDF (DEMDF), factor de confort (FC) y coeficiente de variación de la MDF (CVMDF), al ser evaluadas mechas sucias y limpias de alpacas, ovinos, llamas y mohair……..…...…….34

Tabla 4.Coeficientes de correlación de Pearson (r) entre los resultados obtenidos con el MiniFiber EC, OFDA 2000 y Laserscan con respecto al diámetro de fibra diámetro de fibra (MDF), desviación estándar de la MDF (DEMDF), factor de confort (FC) y coeficiente de variación de la MDF (CVMDF), al ser evaluados fragmentos limpios de cachemira, guanaco, ovino y vicuña ….……....……..36

Tabla 5. Coeficientes de regresión lineal entre los resultados obtenidos con el MiniFiber EC, OFDA y Laserscan con respecto al diámetro de fibra diámetro de fibra (MDF), desviación estándar de la MDF (DEMDF), factor de confort (FC) y coeficiente de variación de la MDF (CVMDF), al ser evaluados fragmentos limpios de cachemira, guanaco, ovino y vicuña ……...……..38

Tabla 6. Promedio y estadísticos de precisión y exactitud por muestra de top de lana de ovino y fibra de alpaca y mohair, respecto a la media del diámetro de fibra (MDF) analizada en diferentes condiciones ambientales obtenidas con el MiniFiber EC.....……41

Tabla 7. Repetibilidad con respecto al diámetro de fibra diámetro de fibra (MDF), desviación estándar de la MDF (DEMDF), factor de confort (FC) y coeficiente de variación de la MDF (CVMDF), al ser evaluadas mechas sucias y limpias de alpacas, ovinos, llamas y mohair …….……...……..43

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

Tabla 8. Resultados del análisis de muestras de mecha de fibras sucias y limpias de alpaca en el OFDA 2000 modo 100 ……..……...….……...…55

Tabla 9. Resultados del análisis de muestras de mecha de fibras sucias y limpias de alpaca en el MiniFiber EC…….……...……...……55

Tabla 10. Resultados del análisis de muestras de fragmentos de fibras sucias y limpias de ovino en el MiniFiber EC, OFDA 2000 y Laserscan….....…..…56

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Gráfico de dispersión de la media de diámetro de fibra (MDF) de tops patrón de ovino con el MiniFiber EC en laboratorio (T° 20ºC ±2 / HR 65% ±3)...…..……..…39

Figura 2. Gráfico de dispersión de la media de diámetro de fibra (MDF) de tops patrón de alpaca con el MiniFiber EC en laboratorio (T° 20ºC ±2 / HR 65% ±3)…….……39

Figura 3. Gráfico de dispersión de la media de diámetro de fibra (MDF) de tops patrón de mohair con el MiniFiber EC en laboratorio (T° 20ºC ±2 / HR 65% ±3)....……..…….40

Figura 4. Toma de muestras del costillar medio de fibras de origen animal……..…….….....53

Figura 5. Preparación de muestras de mechas de fibra de origen animal en slides…..……53

Figura 6. Preparación de muestras de mecha sucias para el lavado en solución de 20% de alcohol isopropílico y 80% de hexano….…….53

Figura 7. Proceso de lavado de muestras fragmentadas en 20% de alcohol isopropílico y 60% de hexano…….…….…….…….54

Figura 8. Análisis de muestras de fibra comparando el OFDA 2000 y MiniFiber EC….……54

Figura 9. Análisis de muestras de fibra en el Laserscan para la comparación con el OFDA 2000 y MiniFiber EC…..……...……..54

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

“VALIDACIÓN DEL MINIFIBER EC COMPARADO CON EL OFDA 2000 Y SIROLAN LASERSCAN UTILIZANDO DIVERSAS FIBRAS DE ORIGEN ANIMAL”

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

Introducción

En los últimos años, la industria textil viene exigiendo cumplir una serie de estándares establecidos para la obtención de fibra de origen animal, requiriendo una fibra fina, resistente y confortable. Sin embargo, los productores, debido a la inadecuada organización y el conocimiento del precio real en el mercado de la materia prima, no evalúan ni caracterizan la fibra de forma objetiva para así obtener un valor agregado en la comercialización de la materia prima y con esta información poder valorizar la producción actual de fibra en el país. Así también, el desligue entre el productor y la tecnología con el uso de equipos para realizar la evaluación objetiva de la fibra está, ya sea por la inadecuada organización o por los altos costos de los equipos, a pesar de que la producción de fibra es "rentable", el precio real pagado por las industrias a los productores se ve afectado por los intermediadores, siendo ellos los que clasifican la fibra y, por lo tanto, obteniendo mejores ingresos que el productor (1).

El circuito de comercio que recorre el subsistema de la fibra es el más complejo del sistema productivo de los camélidos; los bienes transables que se originan como efecto de su funcionamiento, tienen alcance local cuando se comercializa la fibra y la artesanía familiar; alcance regional y mundial cuando se comercializa la fibra, productos intermedios (tops, hilos, telas) y finales (sweateres, mantillas, sacones, etc.) en mercados nacionales y de exportación. En este subsistema se aprecia claramente la diferenciación y participación de agentes económicos en todo el circuito de comercio, desde los productores, intermediarios, textileros, confeccionistas y comercializadores, cada uno de estos actores situados en territorios específicos, locales, nacionales y mundiales (2).

Los productores no evalúan ni caracterizan sus fibras debido a la deficiente organización, e incluso, a la inadecuada información sobre las diferencias en el precio de fibra clasificada y no clasificada. Así también, el factor más relevante en la crianza de animales productores de fibra es el escaso acceso a equipos analizadores de fibras adecuados para trabajar en el campo, ya sea debido a la distancia entre el fundo y el lugar donde se encuentra el equipo o debido a los altos costos que implica adquirir equipos que provienen de países extranjeros y el costo de mantenimiento y calibración de equipo. El realizar el análisis de muestras de fibra por parte de cada asociación de productores implica un desarrollo y mejora en la crianza de una comunidad. Los equipos analizadores de fibras brindan información importante para la industria textil ya que dan una descripción amplia de la calidad de fibra que va desde el diámetro de fibra, principal factor considerado por la industria textil, hasta el perfil de diámetro de fibra determinando el precio mercado de la materia prima. Existen muchos equipos analizadores de

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

fibras de origen animal, desde el que necesita un laboratorio con condiciones adecuadas y con muestras de fibra limpias en fragmentos (Sirolan Laserscan) y otros que trabajan en condiciones de laboratorio y de campo con muestras de fibra sucia y limpia (Analizador Óptico del Diámetro de Fibra – OFDA 2000, Fiber EC, MiniFiber EC), dependerá del productor el fin de su crianza para determinar cuál de los equipos equipo utilizar.

Por estas consideraciones, se llevó a cabo esta investigación que tuvo como objetivo evaluar el MiniFiber EC comparado con el OFDA 2000 y Sirolan Laserscan, determinando la exactitud y precisión del equipo al analizar tops patrón de ovino (*Ovis aries*), alpaca (*Vicugna pacos)* y mohair (*Capra sp.*) como también de muestras de ovino, alpaca, llama (*Lama glama*), cashmere (*Capra sp.*), mohair y guanaco (*Lama guanicoe guanicoe*) que fueron obtenidas de Apurímac, Cuzco, Puno – Perú y Rio Negro – Argentina. Se trabajó con las muestras de fibra en mechas (comparación del MiniFiber EC y OFDA 2000) y fragmentos (comparación del MiniFiber EC, OFDA 2000 y Sirolan Laserscan) determinándose la media del diámetro de fibra (MDF), desviación estándar de la media de diámetro de fibra (DEMDF), factor de confort (FC) y coeficiente de variación de la media del diámetro de fibra (CVMDF). Así también, se determinó el coeficiente de correlación de Pearson y estadísticos de regresiones lineales para los tres equipos.

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

Resumen

Los productores de fibras de origen animal, en su mayoría, están desligados de la tecnología y la metrología de la fibra debido a los altos costos que demanda la adquisición de equipos especializados. La calidad de la fibra afecta el producto final que obtienen las empresas textiles, y por tanto, un mayor o menor ingreso para el productor ya que comercializa la fibra obtenida del fundo sin realizar una clasificación previa (1). Así también, debido a la ubicación de estos tipos de crianza, zonas rurales en su mayoría, y el costo que implica transportarse de un lugar a otro, los productores toman la decisión de no realizar la clasificación de su materia prima que, además de darles mayores ingresos, les permitiría realizar la selección de los mejores animales y así mejorar el fundo.

El objetivo de la investigación fue comparar el MiniFiber EC, OFDA 2000 y Sirolan Laserscan. Se trabajó con 261 muestras del costillar medio de fibras de origen animal de Apurímac, Puno y Cuzco. Luego, se realizó la calibración del MiniFiber EC, equipo para el análisis de muestras de fibras de origen animal, con muestras de top patrón de ovino, alpaca y mohair en el Laboratorio de Fibras textiles del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) ubicado en la ciudad de Bariloche, Argentina. Se trabajó con 40 muestras en mecha sucia de ovino, alpaca, llama y mohair y 40 muestras en mecha limpia de ovino y alpaca, respectivamente. Posteriormente, se realizó el análisis de 40 muestras del costillar medio ("midside") de fibra de ovino, 40 de cachemira, 40 de vicuña y 21 de guanaco en fragmentos utilizando el MiniFiber EC, OFDA 2000 y Sirolan Laserscan. Así también, se midió las muestras de top patrón de ovino, alpaca y mohair en fragmentos con el MiniFiber EC en laboratorio, campo y en ambiente cerrado. El análisis estadístico se realizó usando el software R 3.5.0. Finalmente, las mediciones del MiniFiber EC y OFDA 2000 fueron comparados usando la prueba T de student y las mediciones del MiniFiber EC, OFDA 2000 y Sirolan Laserscan se compararon usando la prueba de Duncan y Friedman. También se determinó el coeficiente de correlación de Pearson y estadísticos de regresión lineal para los tres equipos. Para las comparaciones entre las cuatro características medidas por el MiniFiber EC y OFDA 2000 no se encontró diferencias significativas para la MDF y FC ($p<0.05$). Se obtuvo diferencias de -2.2 a 0.5 para muestras de lana en los tres equipos siendo menor entre el MiniFiber EC y Sirolan Laserscan con alta correlación entre ambos equipos para las características de muestras de fibra de ovino ($p<0.05$).

Palabras claves: MiniFiber EC, OFDA 2000, Sirolan Laserscan, precisión, exactitud, lana, fibra.

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

Abstract

Fiber producers of animal fibers, mostly, are detached from fiber technology and metrology due to the high costs demanded by the acquisition of specialized equipment. The quality of the fiber affects the final product obtained by the textile companies, and therefore, a higher or lower income for the producer since it commercializes the fiber obtained from its herd without making a previous classification (1). In addition, due to the location of these types of breeding, mostly rural areas, and the cost involved in transporting from one place to another, producers choose not to classify their raw material which, in addition to giving them higher income, it would allow them to make the selection of the best animals and thus improve the herd.

The objective of the research was to compare the MiniFiber EC, OFDA 2000 and Sirolan Laserscan. We worked with 261 samples of the mid side of animal fibers from Apurímac, Puno and Cuzco. Then, we did the MiniFiber EC calibration, equipment for the analysis of samples of animal fibers, with top pattern samples of sheep, alpaca and mohair in the Textile Fibers Laboratory EEA INTA - Bariloche - Argentina. We worked with 40 samples in dirty wick of sheep, alpaca, llama and mohair and 40 samples in clean wick of sheep and alpaca, respectively. Subsequently, the analysis of 40 samples of the middle rib ("midside") of sheep fiber, 40 of cashmere, 40 of vicuña and 21 of guanaco in fragments was carried out using the MiniFiber EC, OFDA 2000 and Sirolan Laserscan. Likewise, samples of the top pattern of sheep, alpaca and mohair were measured in fragments with the MiniFiber EC in the laboratory, field and in a closed environment. The statistical analysis was performed using the R 3.5.0 software. Finally, the MiniFiber EC and OFDA 2000 measurements were compared using the Pearson T test and correlation and the MiniFiber EC, OFDA 2000 and Sirolan Laserscan measurements were compared using the Duncan and Friedman test. For comparisons four features measures by the MiniFiber EC and OFDA 2000 not find a significant difference for the MDF and FC ($p<0.05$). The Pearson correlation coefficient and linear regression statistics were also determined. Differences of -2.2 to 0.5 were obtained for wool samples in the three teams, being lower between the MiniFiber EC and Sirolan Laserscan with high correlation ($p<0.05$) between both teams for the characteristics of sheep fiber samples.

Keywords: MiniFiber EC, OFDA 2000, Sirolan Laserscan, precision, accuracy, wool, fibre.

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

Capitulo I. Planteamiento del problema

1.1 Descripción del problema

En Sudamérica las fibras de origen animal son producidas casi exclusivamente por pequeños agricultores en sistemas de producción de bajos insumos, donde son fundamentalmente para la subsistencia de sus productores al contribuir con materia prima para ropa hecha en casa, artesanías para mercados locales o fibra para la industria textil. La crianza de animales productores de fibra representa un papel importante en el desarrollo económico de muchos países, estimándose a nivel de Sudamérica una producción de más de 5,000 TM de fibras de cabras y camélidos (3) además de ser el principal medio de subsistencia de más de medio millón de pequeños productores de los Andes Centrales de Sudamérica. En el Perú, se evidencia una mayor producción de fibra de alpaca con 4,501 TM (MINAGRI, 2017), situándose la crianza de camélidos en las zonas alto andinas del país, en los cuales, la tecnología no está presente. La calidad física de la fibra afecta la eficiencia del procesamiento, el uso potencial de los productos finales, y por tanto un mayor o menor ingreso para el productor al momento de comercializar la fibra como materia prima o como producto textil (1).

La tecnología de la información y la metrología de la fibra pueden proporcionar el lenguaje para una comunicación precisa y relevante entre productores y procesadores. Los productores que hacen uso de esta tecnología tienen más probabilidades de producir lana que es "adecuada para su propósito" y, por lo tanto, demandada por el comercio textil (1). Un producto adecuado y con las características exigidas por los mercados, dará mayores ingresos a los productores. Sin embargo, la consolidación del lazo tecnología y productor no está bien establecida, siendo un factor predisponente la zona en la que se encuentra el productor (zonas mayores a 3500 msnm), la inadecuada aportación de información y las comunidades en las que se dedican a la crianza de animales productores de fibra e incluso los altos costos para poder adquirir un equipo que pueda evaluar las características de la fibra, además de la inadecuada de capacitación en el uso del equipo ya que la mayoría de estos son para uso en laboratorio.

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

En los últimos años, la industria de la fibra ha sido innovadora en sus esfuerzos por desarrollar mejores tecnologías para medir las características de distribución del diámetro de la fibra. Actualmente, los equipos utilizados para las evaluaciones proporcionan gran cantidad de datos que permiten determinar y cuantificar objetivamente la calidad de las fibras y lanas (1) (4). El aporte de tecnología al productor es un factor importante para la mejora de la crianza de animales productores de fibra, sin embargo, se debe considerar que una crianza eficiente estará ligada a la alimentación, y sanidad de los animales, ya que estas se manifiestan en la calidad de fibra del animal y en la calidad de materia prima que se comercializará.

Una forma de optimizar la información dada por un instrumento de medida es repetir muchas veces la misma medida en las mismas condiciones. En definitiva, el comportamiento de un equipo de medida se define en términos de su exactitud y su precisión (5)

1.2 Enunciado

1.2.1 General

- ¿Se puede validar el MiniFiber EC comparado con el OFDA 2000 y Sirolan Laserscan utilizando diversas fibras de origen animal?

1.2.2 Específicos

- ¿Cuál es la media del diámetro de fibra, desviación estándar de la media del diámetro de fibra, coeficiente de variación del diámetro de fibra y el factor de confort de fibras de alpacas, llamas, ovinos, cachemira, mohair, vicuñas y guanacos, utilizando el MiniFiber EC, OFDA 2000 y Sirolan Laserscan?
- ¿Cuál es la correlación y regresión entre el MiniFiber EC, OFDA 2000 y Sirolan Laserscan, con respecto a la media del diámetro de fibra, desviación estándar, coeficiente de variación y el factor de confort, utilizando fibras de alpacas, llamas, ovinos, cachemira, mohair, vicuñas y guanacos?
- ¿Cuál es la exactitud y precisión del MiniFiber EC en el análisis de la media del diámetro de fibra desviación estándar, coeficiente de variación y el factor de confort, utilizando fibras de alpacas, ovinos y mohair comparado con los datos de exactitud y precisión del OFDA 2000 y Sirolan Laserscan.?

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Validar el MiniFiber EC comparado con el OFDA 2000 y Sirolan Laserscan utilizando diversas fibras de origen animal.

1.3.2 Específicos

- Determinar la media del diámetro de fibra, desviación estándar de la media del diámetro de fibra, coeficiente de variación de la media del diámetro de fibra y el factor de confort de fibras de alpacas, llamas, ovinos, cachemira, mohair, vicuñas y guanacos, utilizando el MiniFiber EC, OFDA 2000 y Sirolan Laserscan.
- Determinar la correlación y regresión entre el MiniFiber EC, OFDA 2000 y Sirolan Laserscan, con respecto a la media del diámetro de fibra, desviación estándar, coeficiente de variación y el factor de confort, utilizando fibras de alpacas, llamas, ovinos, cachemira, mohair, vicuñas y guanacos.
- Determinar la exactitud y precisión del MiniFiber EC en el análisis de la media del diámetro de fibra desviación estándar, coeficiente de variación y el factor de confort, utilizando fibras de alpacas, ovinos y mohair comparado con los datos de precisión y exactitud del OFDA 2000 y Sirolan Laserscan.

1.4 Justificación

Los camélidos sudamericanos y las ovejas introducidas son las más importantes especies de ganado en Perú, particularmente para el pequeño productor alto andino (6). En el Perú, la población de alpacas es de 3 millones 800 mil alpacas (87% de la población mundial) con una producción de fibra de 4,501 TM (7), siendo uno de los países con mayor producción de fibra de alpaca a nivel mundial.

La industria textil viene exigiendo cumplir estándares establecidos para la obtención de fibra de origen animal, requiriendo una fibra fina y resistente, estableciéndose así competencia entre los principales animales productores de fibra. Sin embargo, los productores debido al poco acceso a la tecnología, no pueden evaluar ni caracterizar la fibra de forma objetiva. El uso de equipos para realizar la evaluación objetiva de la fibra se ha visto limitado a los productores, ya sea por la inadecuada capacitación o por los altos costos de los equipos, a pesar de que la producción de fibra es

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

"rentable", el precio real pagado por las industrias a los productores se ve afectado por los intermediadores, siendo ellos los que clasifican la fibra y, por lo tanto, obteniendo mejores ingresos que el productor.

Los instrumentos de medida se diseñan para que sean precisos y se reajustan periódicamente para que, además, sean exactos. Cuanto más exacto sea un instrumento preciso, más próximo estará el resultado de cada medida individual al valor convencionalmente verdadero (5). La exactitud se define como la proximidad existente entre un valor medido y un valor verdadero de un mensurando. En cambio, la precisión se define como la proximidad existente entre las indicaciones o los valores medidos obtenidos en mediciones repetidas de un mismo objeto bajo condiciones específicas. Una importante distinción sobre exactitud y precisión es que la exactitud puede determinarse con una sola medida, mientras que para evaluar la precisión se necesitan varias medidas (8).

En este trabajo de investigación se realizó la validación experimental del MiniFiber EC, equipo que realiza la evaluación de características físicas de fibras de origen animal, realizando la comparación con el OFDA 2000 y el Sirolan Laserscan utilizando diversas fibras de origen animal, con el fin de determinar el nivel de precisión y exactitud del MiniFiber EC en comparación con otros equipos y así dar una nueva alternativa óptima en el campo que pueda ser utilizado por los productores y asociaciones en el sitio de crianza de los animales y así, en lo posterior, los productores puedan comercializar la materia prima clasificada de manera objetiva directo a la industria y no a través de intermediadores, obteniendo así mayores beneficios económicos.

1.5 Delimitación

La investigación estuvo delimitada a comparaciones en tres equipos que evalúan calidad de fibra: MiniFiber EC, OFDA 2000 en modo 100 y Laserscan, respecto a mediciones de diámetro de fibra, desviación estándar, coeficiente de variación y factor de confort en fibras de alpaca, llama, guanaco, vicuña, ovino, cachemira y mohair, bajo condiciones de laboratorio exigidas por IWTO (20±2 °C y 65±3 % humedad relativa) y ciertas condiciones de campo.

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

Capitulo II. Marco Teórico

2.1 Antecedentes

En la investigación "Desarrollo y validación preliminar de un sistema automático de análisis digital para análisis de fibra animal" teniendo como objetivo realizar la validación del equipo Fiber EC con diferentes fibras de origen animal y comparar con las medidas del OFDA 2000, se obtuvo resultados de validación que muestran que el límite de confianza del Fiber EC va de 0.075 y 3.47 µm siendo similar al límite de confianza del Sirolan Laserscan y OFDA 2000. La precisión es mejor que el OFDA 2000 para evaluaciones de fibras menores a 25 µm, que varía entre 0.034 y 0.250 µm (4).

En otra investigación "Fiber Electronic Characterizer (Fiber-EC): Una nueva tecnología para evaluación de fibras en camélidos sudamericanos", cuyo objetivo fue construir un prototipo para la caracterización de fibras de camélidos sudamericanos, así como de otras fibras de origen animal y vegetal, teniendo resultados de precisión y repetibilidad bastante satisfactorios y aceptables, pues al realizarse el análisis de precisión se obtuvo un valor de 0.2069 ± 0.0352 y una repetibilidad de 0.9080 ± 0.0455 (9).

Por otro lado, en una investigación "Las relaciones entre las mediciones de la media de diámetro de fibra por el Airflow y el Laserscan para lanas sudafricanas", cuyo objetivo fue demostrar las diferencias, se obtuvo como resultado una diferencia general de – 0.15 µm, independiente del diámetro de la fibra (10).

Así mismo, en la investigación "Una comparación del OFDA 2000 con pruebas convencionales de mohair", cuyo objetivo fue comparar el OFDA 2000 con el OFDA 100 en muestras de mohair., se tuvo como resultado del análisis de regresión de la media de diámetro de fibra en ambos métodos representaron el 91% y el 88% de la varianza para el primer y el segundo corte. Los resultados indican que el OFDA 2000 es adecuado para la estimación de la media de diámetro de fibra del producto graso de mohair de cría y es útil tanto para la clasificación de mohair y la selección de Angora (11).

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

De la misma manera, en otro estudio de “Las relaciones entre las mediciones de la media de diámetro de fibra del Airflow, OFDA y Laserscan para las muestras de lana sudafricana de diferentes razas”, cuyo objetivo fue demostrar las diferencias entre equipos, tuvo como resultado una diferencia total de 0.11 µm, independiente del diámetro de la fibra, entre las mediciones de Airflow y Laserscan en lana merina australiana. También se encontraron diferencias en los resultados de media del diámetro de fibra entre Airflow, OFDA y Laserscan para lana sudafricana, siendo estas diferencias dependientes de la raza ovina (12).

En otra investigación sobre “Comparación del Laserscan, OFDA y Airflow en muestras de lana sin procesar”, cuyo objetivo fue evaluar la precisión y exactitud de los equipos al evaluar muestras de lana, dando como resultado que si el rango de medición de OFDA y Laserscan se operan en el mismo rango de calibración (en este caso, rango de 0 a 80 µm), los dos instrumentos producen resultados de media de diámetro de fibra (MDF) compatibles, con una alta precisión de comparación y sin sesgo. Del mismo modo, si se aplica la misma restricción y se realiza un ajuste adicional para el componente de varianza a lo largo de la fibra, el OFDA y el Laserscan coinciden en el coeficiente de variación del diámetro (13) .

2.2 Marco referencial

2.2.1 Equipos para medición de fibras

En la actualidad hay muchos métodos diferentes con el potencial de determinar las dimensiones transversales de las fibras textiles, dentro de los métodos principales utilizados para la medición del diámetro de fibra de lana encontramos el OFDA y el Laserscan (1). Debido a las necesidades de los criadores de animales productores de fibra de origen animal, en Perú se creó un equipo denominado MiniFiber EC.

Los equipos de medición se basan en distintos métodos de prueba estándar desarrollados por la Organización Internacional de Lanas Textiles (IWTO) y el Instituto de Normas Internacionales (ASTM), ambos se basan en la medición de dimensiones transversales de cortes fragmentados de muestras de fibras. A pesar de ser métodos muy similares, existen diferencias sutiles en los fragmentos de longitud y los procedimientos de medición que pueden conducir a diferentes resultados (1).

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

Un equipo será adecuado para la evaluación de fibras en campo si este es lo más preciso y exacto al realizar el análisis de muestras de fibras. Existen diversos equipos para realizar la evaluación de fibras de origen animal, sin embargo, la falta de accesibilidad del productor al equipo o a la institución de su localidad donde tienen el equipo, hace que este no logre clasificar la fibra.

2.2.1.1 MiniFiber EC

El Minicaracterizador Electrónico de Fibras, MiniFiber EC, es un equipo portátil que permite evaluar la calidad de la fibra de origen animal, realizando mediciones de diversas características físicas de la fibra animal, con capacidad de incorporación de procedimientos para otros tipos de fibras. El equipo tiene la capacidad de trabajo en campo, desempeñándose satisfactoriamente en condiciones de altitud hasta 5,300 metros sobre el nivel del mar y a temperaturas de -7°C a 45°C (14).

Las características que mide son: media de diámetro de fibra (MDF), coeficiente de variación de la MDF (CVMDF), desviación estándar de la MDF (DEMDF), factor de picazón (FP), factor de confort (FC) (14).

El MiniFiber EC es un equipo proveniente del equipo Fiber EC, el cual es más liviano y más accesible para el productor. Se desarrolló con el fin de poder ser usado en campo y ejecutado por el mismo productor.

2.2.1.2 OFDA 2000

El equipo OFDA (Optical Fibre Diameter Analyser) es esencialmente un microscopio con el cual la lectura de los diámetros de las fibras viene realizada de manera automática. El instrumento magnifica y captura imágenes de cada fibra a través de una cámara de vídeo para luego medir el diámetro. Los resultados que proporciona son el diámetro medio de la muestra de las fibras, la desviación estándar, el coeficiente de variación y el histograma de finura. En cuanto a las fibras de camélidos es importante y posible con el OFDA obtener la determinación cuantitativa de las fibras meduladas y la determinación de la cantidad de fibras gruesas, o cerdas, que se identifican como las fibras que tienen un diámetro mayor a 30 µm (15).

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

Es un instrumento que permite realizar mediciones de diámetro en tiempo real durante la selección animal o clasificación de lana. Los algoritmos de medición de diámetro utilizados por el instrumento son idénticos a los utilizados en el OFDA 100. El OFDA 2000 difiere principalmente en la forma en la que es presentada la muestra al instrumento, y en la manera en la que la muestra es escaneada. El equipo provee la media de diámetro de fibra (incluido un histograma de distribución), desviación estándar y coeficiente de variación del diámetro, factor de confort, curvatura y desviación estándar de la curvatura, perfil de largo de diámetro de la muestra, largo de la muestra, diámetro promedio de los extremos de las fibras (16). El OFDA 2000 es reconocido por el método de prueba IWTO – 47 – 98 para medir fragmentos de fibra de lana (12), siendo actualizado al IWTO – 47 – 2013 (15). Bajo esta modalidad el instrumento mide sobre mechas de lana grasienta y traduce las lecturas a lana limpia (17).

El OFDA es un equipo que viene siendo utilizado varios años en la industria textil y en investigación. Fue desarrollado en Australia, debido a su alto costo, muchos de los productores no pueden acceder a este equipo, además de ser un equipo enfocado, mayormente, a la investigación.

2.2.1.3 Sirolan Laserscan

Es un equipo que mide fragmentos de fibra individuales por láser y produce mediciones precisas con una mínima preparación de muestras para obtener la media del diámetro de fibra (en micras), el coeficiente de variación del diámetro (en porcentaje), el histograma de distribución del diámetro (porcentaje de fibras en intervalos de clase de micras), curvatura de la fibra (en grados/mm) y factor de confort (porcentaje de fibras menores de 30.5 micras para lana). El equipo Sirolan Laserscan está basado en los Métodos de prueba de la Organización Internacional Textil de Lana IWTO-12-00 (18).

Para trabajar con este equipo es necesario que la muestra se encuentre en fragmentos (“snippets”). Los fragmentos se dispersan como una suspensión diluida en una mezcla de isopropanol y agua o agua con un poco de detergente. La suspensión de fragmentos se transporta a través de una celda de medición que se coloca en un haz de luz de láser. La reducción en la

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

intensidad del rayo láser a medida que los fragmentos individuales pasan a través del haz de luz, de aproximadamente 500 micrómetros de diámetro, es detectada y transformada, utilizando una tabla de consulta de calibración, en un diámetro en micrómetros. Para un óptimo funcionamiento del equipo es necesario un laboratorio con las condiciones establecidas por IWTO (19).

2.2.2 Fibras de origen animal

Se define fibra como "cada uno de los filamentos que, dispuestos en haces, entran en la composición de los hilos y tejidos, ya sean minerales, artificiales, vegetales o animales. Aunque se han registrado más de quinientas fibras naturales, solo las que cumplen con las condiciones de resistencia, elasticidad, longitud, aspecto y finura sirven para la industria textil y son, por lo general, discontinuas (20). Las fibras son las unidades fundamentales que se utilizan en la fabricación de hilos textiles y telas; contribuyen a su tacto, textura y aspecto, como también influye en características, propiedades físicas y químicas de los mismos. Las fibras de origen animal son aquellas cuya sustancia básica es la proteína, entre ellas tenemos: la lana que proviene de la oveja y los denominados pelos especiales que provienen de los camélidos, caprinos y lepóridos (21).

Las fibras de origen animal no necesitan modificaciones en su composición para ser procesadas, es por eso que son consideradas de alto valor en la industria textil.

2.2.2.1 Lana

La lana, como las demás fibras naturales proteínicas, está sujeta a variaciones en sus dimensiones de diámetro y longitud. Estos factores obedecen a factores de naturaleza genética y del mismo ambiente, dependiendo del grado de mejoramiento que exhibe un rebaño y de los cuidados de manejo y disponibilidad alimenticia que goce el mismo (21).

Es considerada generalmente como el vellón obtenido de la oveja, normalmente mediante su esquileo a intervalos anuales. La definición más amplia, basada en la Ley para el Etiquetado de los Productos de la Lana aprobada por el Gobierno de Estados Unidos en 1939, define la lana como "la primera fibra procedente del vellón de la oveja o del cordero o del perlo de la cabra de Angora o Cachemira (y puede incluir fibras animales especiales

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

procedentes del pelo del camello, alpaca, llama y vicuña) que sirve para fabricar productos de lana o para fieltros". El término lana se refiere únicamente a la obtenida de las ovejas (22).

Tiene un ondulado natural y patrones de escala que la hacen fácil de hilar. Las telas hechas de lana tienen mayor grosor que otros textiles, proveen mejor aislamiento y son resilientes, elásticas y durables. Una oferta limitada y sus características excepcionales han hecho de la lana la fibra textil principal g con grasa hace referencia al producto recién esquilado de la oveja; la lana limpia (lavada) es obtenida tras un proceso de limpieza para eliminar la grasa (lanolina) y las materias extrañas. La lanolina es el aceite natural segregado por la piel de la oveja y depositado en la lana; la lana limpia representa sobre el 60% del peso de la lana con grasa (22) .

Después de ser esquilada, a menudo contiene menos del 50% de fibra limpia, debido a la presencia de contaminantes tales como sustancias de grasa, churre, tierra, suciedad y vegetales. La grasa de lana es la secreción de las glándulas sebáceas del animal, mientras que el churre es la secreción de las glándulas sudoríparas del animal. Minerales, tierra y materia vegetal son sustancias adquiridas por el animal durante el pastoreo, mientras que otras impurezas provienen de la contaminación del vellón con heces y orina (15).

La lana se considera un tipo de fibra natural obtenida de las ovejas. Este tipo de fibra tiene características especiales como el ondulado natural que la hacen fácil de hilar, siendo una fibra altamente demandada por el mercado textil. Además debido a otras características, son más duraderas, elásticas y proveen un mejor aislamiento térmico.

2.2.2.2 Fibra de pelos finos

2.2.2.2.1 Alpaca

La industria textil considera a la fibra de alpaca como una fibra especial y, las prendas que se confeccionan con ellas, están clasificadas como artículos de lujo (24).

La fibra de alpaca es parcialmente hueca, de 20 a 70 micras en diámetro y viene en 22 colores naturales. Es ligera, más fuerte que la lana de oveja

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

y provee excelente aislamiento. Las alpacas Huacaya producen fibras suaves, densas y cortas, mientras que el vellón de la Suri es brillante, sedoso y liso. La alpaca se mezcla bien con la lana, el mohair y la seda. Suave y densa, o brillante y sedosa, la alpaca es usada para hacer las telas más lujosas (23).

Es más larga, brillante y flexible que la lana; no es elástica ni sirve para hacer fieltro. Su tejido es suave al tacto y un poco brillante (20).

La fibra de alpaca es la más demandada a nivel mundial, ya que, a parte de la buena finura que puede llegar a mostrar, es más resistente que la lana. Además, la comercialización de la fibra de alpaca es el principal medio de subsistencia económica en la sierra peruana.

2.2.2.2.2 Llama

La llama es más grande que la alpaca y la vicuña, y cuenta con una cantidad de pelo superior. Es una fibra algo rugosa al tacto y poco elástica. Después de un tratamiento adecuado es usada en la producción de telas de punto. (20).

Esta especie produce una fibra de menor calidad que la alpaca, generalmente tiene un diámetro mayor y una dispersión de los diámetros más amplia. El proceso de descerdado puede ser una forma válida para disminuir el número de fibras de diámetro mayor a 30 µm y de esta manera aumentar el factor de confort sobre la piel de tejidos de llama (15).

Debido a la alta tasa de medulación de la fibra de llama, los productores no realizan la esquila, además de la baja demanda de dicha fibra por parte del mercado textil.

2.2.2.2.3 Guanaco

Actualmente las actividades de exportación y tránsito de productos y subproductos del guanaco están restringidas a fibras obtenidas de animales vivos siguiendo reglas estrictas y monitoreo durante la captura

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

y esquila. La caza está prohibida salvo extracciones controladas en casos excepcionales (25).

Su pelaje es más largo que el de la vicuña pero más corto respecto a la alpaca, también de excelente calidad y de color rojizo. En cuanto al guanaco, como también para la vicuña, la comercialización del pelo es bastante limitada. Incluso el guanaco tiene un doble manto (fibras finas y gruesas), y en consecuencia, después de la esquila, el pelo viene descerdado para eliminar las fibras más gruesas, presentes en cantidades bajas. El resultado es una fibra suave y ligera, más bien corta y segundo en rango en cuanto a la finura de la vicuña (15).

Aunque la fibra de guanaco no tiene la finura de la de vicuña, en otros aspectos es bastante similar, incluyendo las variaciones de color marrón y la presencia de fibras muertas y cerda junto a las fibras valiosas. El promedio de diámetros de fibras varía entre animales y entre grupos etarios. La eliminación de la cerda en adultos reduce el diámetro de las fibras remanentes en 1–2 µm (25).

El guanaco es una especie que fue considerada en peligro de extinción, por lo cual la comercialización es limitada y controlada. Es un tipo de fibra fina, después de la vicuña.

2.2.2.2.4 Vicuña

La vicuña es la especie de camélidos más pequeña. La vicuña produce una de las fibras más finas y exóticas que se conocen. Después de años de prohibición del comercio internacional del pelo del animal considerado una especie protegida en peligro de extinción, recientemente, como consecuencia de un aumento significativo de los animales, se permitió un período de explotación del pelo en algunas reservas protegidas. La cantidad de fibra producida anualmente por un animal es muy baja, por lo general el color es marrón claro, marrón canela y el pelo debe ser descerdado de forma manual o mecánicamente, para eliminar las pocas fibras gruesas que contiene. Típicamente, las fibras producidas por la vicuña son más bien cortas (15). La vicuña es un

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

camélido sudamericano que produce un pelo de hasta 15 cm de largo, muy fino, de color canela y blanco, muy resistente a la tracción. Admite todo tipo de tintes y se emplea en telas exteriores de abrigo (20).

La fibra de vicuña es altamente demandada por el mercado textil debido a la finura y resistencia que presenta, sin embargo el peso del vellón por animal es bajo, por lo cual, el costo es elevado siendo limitado y controlado la comercialización de la fibra. La fibra de vicuña no ha logrado ser superada por otro tipo de fibra de origen animal.

2.2.2.2.5 Mohair

Se refiere al vellón de la cabra Angora. Las fibras son suaves y de color blanco puro, y crecen en círculos aunque son muy poco rizadas. Las fibras de mohair se parecen a las fibras de lana en su estructura general. El mohair destaca por su durabilidad, afinidad para los tintes, lustre y finura. Las fibras que se encuentran más internas son cortas, apagadas, gredosas y deben ser eliminadas mediante peinado de las fibras de mohair de calidad superior (22).

El mohair es una de las fibras más resilientes y no tiene la ondulación que se encuentra en las lanas de oveja, lo que da un lustre semejante a la seda y una superficie más suave y resistente al polvo que la lana. El mohair es muy fuerte y tiene buena afinidad con los colorantes (21).

Es una fibra luminosa y aislante, su fuerza de tensión es significativamente más alta que aquella de la lana de Merino. Como la lana, el mohair tiene escalas superficiales, pero éstas son más delgadas, haciéndolo suave al tacto. La luz reflejada desde la superficie da al mohair un brillo característico. Las escalas superficiales hacen al mohair suave al tacto, mientras que la luz reflejada desde su superficie le da su brillo característico (23).

El mohair, a diferencia de la lana, tiene patrones de escala superficiales más delgadas, haciéndola más suave al tacto. Es un tipo de fibra de alta demanda por la industria textil.

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

2.2.2.2.6 Cachemira

Fibra proveniente de la cabra del Tíbet, su cuerpo está cubierto por un pelo largo grueso que es aprovechable en tejidos de baja calidad pero en verano empieza a crecer por debajo de estos mechones un vellón muy fino y suave que aumenta durante el invierno para servir de abrigo y finalmente cae en la primavera debido a la muda. El pelo de cachemira es brillante y de una suavidad y flexibilidad extraordinaria. Las fibras son calientes y de tacto grasoso a la mano, tiene una caída muy hermosa y característica. La cachemira es más sensible a los productos químicos (21).

Tiene un rizado natural, que permite que sea hilada en finos tejidos ligeros. La cachemira tiene pequeños espacios de aire entre las fibras, lo que la hace cálida y liviana, mientras que las células delgadas de la cutícula superficial la hacen más lisa y brillante (23).

2.2.3 Características de la fibra de origen animal

2.2.3.1 Diámetro de fibra

El diámetro de fibra es el grosor, calibre o finura de la fibra que determina el uso textil en la industria. Fibras finas serán aptas para hilados y tejidos finos, fibras gruesas serán para tejidos burdos o de menor calidad (26).

La medición de diámetro de fibra es aceptada universalmente como la especificación de finura para lana sucia. La unidad de medida de este parámetro esta dado en micras (µm). Los certificados de finura garantizan las transacciones de lana sucia y es usado por la industria topista para predecir la finura de los tops (lana peinada). El diámetro medio de la fibra (MDF) es el principal determinante del precio de la lana, debido a su influencia en la capacidad de producción de hilados y su naturaleza, tacto y toque de las prendas producidas con ellas (27).

El diámetro de la fibra tiene un efecto importante sobre la calidad y el valor de la lana. Las fibras bastas (diámetro ancho) alcanzan menores precios. El mayor diámetro de las fibras aumenta su rotura al cardar y peinar la lana y esto va

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

asociado con la obtención de tejidos más ásperos, rígidos y resistentes a la abrasión (22).

La media del diámetro de fibra es una característica principal e importante en la evaluación y categorización de fibras de origen animal, ya que este es el principal carácter evaluado por la industria textil. Esta característica determinara la menor o mayor calidad de la fibra a ser procesada.

2.2.3.2 Factor de confort

Las prendas fabricadas con fibras de origen animal están en contacto con la piel, por lo tanto, es importante considerar la sensación de picazón de la fibra del animal con el cual se confecciona la prenda. En la lana de oveja y en la fibra de alpaca, esta característica está asociada con la distribución o porcentaje de fibras, con diámetro menor a 30 µm. La calidad de los hilados está fuertemente correlacionada con la suavidad y el menor grado de picazón en la fibra de alpaca (factor de confort), los cuales a su vez son asociados con el diámetro de fibra y la proporción de fibras < 30 µm (28).

El FC es una característica importante evaluada por las industrias textiles para poder determinar si la fibra comercializada por el productor será buena o no para ser industrializada, ya que si la fibra tiene un mayor porcentaje de fibras mayores a 30 µm, no será adecuada para ser industrializada debido a la picazón que provocara en el consumidor.

2.2.3.3 Coeficiente de variación del diámetro

El coeficiente de variación del diámetro (CVD) se calcula dividiendo la desviación estándar de la media del diámetro de fibra por la media de diámetro de fibra. Para obtener una medida precisa del CVD es necesario probar muchas fibras (1).

La ventaja de usar CVD para describir la distribución del diámetro, en lugar de la desviación estándar, es que a una aproximación de primer orden, no es tan dependiente de la MDF (29).

El coeficiente de variación proporciona una estadística más útil para comparar la varianza diámetro de fibra en comparación de la media del diámetro ya que

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

explica el aumento en la desviación estándar lo que generalmente ocurre en un incremento del diámetro de fibra (30).

El CVMDF es una medida importante que describe la heterogeneidad del diámetro de fibras dentro del vellón, siendo un vellón de mejor calidad aquel que tenga un menor CVMDF.

2.2.4 Exactitud y precisión

Un aspecto importante de la metrología de la lana es que todas las mediciones requieren algún tipo de proceso de verificación/calibración para mantener la precisión de medición (intervalo de confianza o de dispersión) y la exactitud (desviación del valor verdadero); este proceso requiere coordinación internacional en IWTO e Interwoollabs (1).

2.2.4.1 Exactitud

Se define como la proximidad entre un valor medido y un valor verdadero de un mensurado. El concepto "exactitud de medida" no es una magnitud y no se expresa numéricamente. Se dice que una medición es más exacta cuanto más pequeño es el error de medida (31). Un instrumento de medida es tanto más exacto cuanto más próximo está el valor medio de las "n" medida al valor convencionalmente verdadero (5).

La exactitud es una característica importante considerada en los equipos de medición de fibras. Un equipo exacto será aquel que tenga resultados próximos a los valores de referencia aceptados establecidos por la IWTO (muestras de top patrón).

2.2.4.1.1 Límites de aceptación

Está claro que los resultados, incluso obtenidos de un lote idéntico y medido por el mismo laboratorio, pueden variar dentro de estos límites. Cada medida se ve afectada por un cierto grado de variación y, por lo tanto, no se puede dar ningún valor absoluto en ningún caso, por muy preciso que pueda ser. Por lo tanto, los límites de aceptación de Interwoolabs concebidos y establecidos sobre una base científica mucho más estricta que las pruebas de tolerancia establecidas en el IWTO libro

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

rojo, se debe considerar junto con un resultado de prueba que equilibren y determinen (33).

Cuadro 1. Límites de aceptación según Interwoolabs

Media del diámetro de fibra (µm)	**Límite de aceptación**
Hasta 15.0	± 0.3
15.1 – 20.0	± 0.6
20.1 – 25.0	± 0.8
25.1 – 30.0	± 1.0
30.1 – 35.0	± 1.2
> 35.1	± 1.4

(33)

2.2.4.2 Precisión

Se define como la proximidad entre las indicaciones o los valores medidos obtenidos en mediciones repetidas de un mismo objeto, o de objetos similares, bajo condiciones especificadas. Es habitual que la precisión de una medida se exprese numéricamente mediante medidas de dispersión tales como la desviación típica, la varianza o el coeficiente de variación bajo las condiciones especificadas que pueden ser condiciones de repetibilidad, condiciones de precisión intermedia, o de condiciones de reproducibilidad (31).

Las dos medidas de precisión extremas son la reproducibilidad (que proporciona la mayor variabilidad ya que los ensayos se obtienen por diferentes laboratorios) y la repetibilidad (que proporciona menor variabilidad ya que los ensayos se obtienen en intervalos cortos de tiempo sin variar ningún factor (32).

Un equipo preciso será aquel que al medir repetidas veces la misma muestra, seguirá mostrando los mismos resultados, presentando menor dispersión de los resultados.

En un resumen de trabajos de investigación donde se determinó la precisión trabajando con muestras de fibra con diámetro de 15 µm, 20 µm, 25 µm, 30 µm, 35 µm y 40 µm, en los cuales se determinó el intervalo de confianza al 95%, los autores citados obtuvieron una precisión de 0.21, 0.35, 0.48, 0.60,

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

0.73 y 0.85 para el Laserscan, respectivamente, y 0.25, 0.37, 0.48, 0.60, 0.70 y 0.82 para el OFDA, respectivamente.

2.2.5 Especificaciones IWTO

2.2.5.1 Acondicionamiento de laboratorios

Esta especificación ha sido elaborada para permitir la preservación de los procedimientos tradicionales de acondicionamiento de pruebas de atmósfera estándar utilizados en pruebas de textiles y de lana. En los últimos tiempos, se han presentado propuestas para modificar las atmósferas de pruebas estándar internacionales a niveles que influirían significativamente en los datos de prueba utilizados por la industria textil de lana en transacciones comerciales (34).

El material textil se lleva a un equilibrio de humedad con una atmosfera estándar desde el estado seco, asegurándose de que esté en equilibrio aproximado con una atmósfera de menos del 15% de la humedad relativa antes de exponerlo libremente a la atmosfera estándar. Dentro de este margen, el IWTO, dentro de sus requerimientos esenciales, especifica que el laboratorio donde se realice certificación de muestras de lana debe tener un equipo de aire acondicionado capaz de proporcionar y mantener una atmósfera estándar de 65 ± 3% de humedad relativa y temperatura de 20 ± 2°C dentro de una presión atmosférica dentro de 86 a 106 kPa (34).

2.3 Definición de términos

Fibra: Es cada uno de los filamentos que, dispuestos en haces, entran en la composición de los hilos y tejidos, ya sean minerales, artificiales, vegetales o animales.

Lana: Es un tipo de fibra natural, tupida, suave y rizada que recubre la piel de algunos mamíferos como las ovejas.

Mohair: Tipo de fibra de pelos especiales procedente del pelo de cabra Angora.

Cachemira: Tipo de fibra de pelos especiales procedente del pelo de cabra. Presentan doble capa.

IWTO: Organización Internacional de Textiles de Lana.

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

Interwoollabs: Asociación Internacional de Laboratorios de Lana Textil.

OFDA 2000: Analizador Óptico de Diámetro de Fibra. Es un instrumento que permite medir las características de las fibras de lana y otras fibras animales a lo largo de las mechas sucias en tiempo real.

MiniFiber EC: Minicaracterizador Electrónico de Fibras. Es un equipo portátil que permite evaluar la calidad de la fibra de origen animal, realizando mediciones de diversas características físicas de la fibra animal, con capacidad de incorporación de procedimientos para otros tipos de fibras.

Sirolan Laserscan: Es un equipo que mide el diámetro de fragmentos de fibra individuales que interceptan un rayo láser, el cambio en la luz detectada del láser está relacionado con el diámetro de un fragmento.

Precisión: Capacidad de un instrumento de dar el mismo resultado en mediciones diferentes realizadas en las mismas condiciones.

Exactitud: Capacidad de un instrumento de acercarse al valor de la magnitud real, depende de los errores sistemáticos que intervienen en la medición.

Repetibilidad: Se refiere a que tanto de la variabilidad en el sistema de medición es causada por el dispositivo de medición.

Reproducibilidad: Se refiere a que tanto de la variabilidad en el sistema de medición es causada por las diferencias entre los operadores.

Snnipet: Fragmentos de fibras de origen animal.

Slide: Portafibras de vidrio para el análisis de la muestra en el OFDA 2000 y MiniFiber EC.

Snippet Drier: Equipo que sirve para realizar el lavado de muestras de fragmentos de fibra de origen animal.

Ultrasonic Cleaner: Equipo que sirve para realizar el lavado de mechas de fibras de origen animal.

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

Capitulo III. Diseño metodológico

3.1 Definición de variables

Variable independiente:

- Fibras de origen animal
- Equipos de medición

Variable dependiente:

- Características físicas de la fibra

3.2 Operacionalización de las variables

Cuadro 2. Variables de investigación

Variable independiente	Indicador
- Fibras de origen animal	Fibra de alpaca Fibra de llama Fibra de guanaco Fibra de vicuña Lana de oveja Cachemira Mohair
- Equipos de medición	Precisión Exactitud
Variable dependiente	
- Características físicas de la fibra	Media del diámetro de fibra Factor de confort

3.3 Hipótesis de la investigación

3.3.1 Hipótesis general

- El MiniFiber EC es válido frente al OFDA 2000 y Sirolan Laserscan utilizando diversas fibras de origen animal.

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

3.3.2 Hipótesis específicas

- No existe diferencia la media del diámetro de fibra, desviación estándar, coeficiente de variación y el factor de confort de fibras de alpacas, ovinos, cachemira, mohair, vicuñas y guanacos, utilizando el MiniFiber EC, OFDA 2000 y Sirolan Laserscan.
- Existe alta correlación y regresión lineal entre el MiniFiber EC, OFDA 2000 y Sirolan Laserscan, con respecto a la media del diámetro de fibra, desviación estándar, coeficiente de variación y el factor de confort, utilizando fibras de alpacas, ovinos, cachemira, mohair, vicuñas y guanacos.
- Existe alta exactitud y precisión del MiniFiber EC en el análisis de la media del diámetro de fibra desviación estándar, coeficiente de variación y el factor de confort, utilizando fibras de alpacas, ovinos y mohair comparado con los datos de exactitud y precisión del OFDA 2000 y Sirolan Laserscan.

3.4 Tipo y diseño de la investigación

3.4.1 Tipo

- Según la intervención del investigador, la investigación fue cuasi experimental.
- Según el número de ocasiones en que se mide la variable de estudio, la investigación fue transversal ya que todas las variables fueron medidas en una sola ocasión.
- Según la planificación de la toma de datos, la investigación fue prospectiva ya que los datos necesarios para el estudio fueron recogidos a propósito de la investigación.

3.4.2 Diseño

El diseño aplicado a la investigación fue el comparativo.

3.5 Población y muestra

Se realizó el muestreo de 261 animales: 40 de vicuña, 40 de ovinos, 40 de llamas, 40 de alpacas, 40 de cachemira, 40 de mohair y 21 muestras de guanaco. Las muestras correspondieron a animales machos y hembras de todas las edades. Se consideraron alpacas Huacaya, llamas T'amphulli, vicuña, guanaco, cashmere, mohair y ovinos. También, se tomó muestras de top patrón de ovino (8), alpaca (6) y mohair (7)

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

proveídas por Interwoollabs al Laboratorio de Fibras Textiles EEA – INTA Bariloche.

3.6 Procedimiento de la investigación

3.6.1 Para la toma de muestras

- Los diferentes tipos de fibras de origen animal para la investigación provinieron de 261 animales pertenecientes a Apurímac, Cusco, Puno – Perú y Rio Negro – Argentina. Las muestras de top patrón de ovino (8), alpaca (6) y mohair (7) se obtuvieron del Laboratorio de Fibras Textiles EEA – INTA Bariloche – Rio Negro – Argentina las cuales son proveídas por el Interwoollabs.
- La elección de los animales a muestrear fue al azar, considerando ambos sexos y todas las edades.
- Se tomó cada muestra en una bolsa de polietileno, una cantidad de 6 gramos aproximadamente, para ello, se buscó el inicio de la mecha para separarla y cortarla. Se tomó la muestra del costillar medio que se encuentra localizado horizontalmente en la tercera costilla y perpendicularmente en la parte media entre las línea superior dorsal e inferior ventral. En cada muestra obtenida se rotulo sexo, edad, peso de vellón, peso corporal y procedencia.

3.6.2 De las condiciones de laboratorio

- Se trabajó en el Laboratorio de Fibras Textiles EEA – INTA Bariloche el cual tiene las condiciones exigidas por IWTO.
- El laboratorio se encuentra a una temperatura de 20±2 °C de temperatura ambiental y 60±3 % de humedad relativa, condiciones óptimas para realizar el análisis de fibras de origen animal.

3.6.3 Para la comparación de equipos con muestras en mechas

- Previo a la medición de muestras, se realizó la calibración del MiniFiber EC con muestras de top patrón de ovino, alpaca y mohair. El OFDA 2000 y el Sirolan Laserscan se encontraban calibrados con muestras de top patrón de ovino. Así también, se programó ambos equipos para que se realice las mediciones en mechas.

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

- Se trabajó con muestras en mecha sucia y limpia de ovino y alpaca, muestras sucias de mohair y llama realizando la medición en el MiniFiber EC y el OFDA 2000.
- Para la medición en muestras sucias se tomó una mecha de la muestra y se colocó en el slide de vidrio, de 1 milímetro de espesor, para medir en el MiniFiber EC y seguidamente en el OFDA 2000, se realizó dos mediciones secuenciales por muestra en mecha.
- Para la medición de muestras limpias, se tomó las mismas mechas en sucio de ovino y alpaca. Seguidamente, las muestras se lavaron en un baño ultrasónico, en el equipo Ultrasonic Cleaner, usando una mezcla de hexano y alcohol isopropílico en una proporción de 8:2. Luego, se colocó las muestras en mecha limpia en el slide de vidrio y se realizó la medición en el MiniFiber EC y el OFDA 2000. Se utilizó la misma muestra en un mismo slide para ambos equipos.
- Se determinó el promedio de la MDF, DEMDF, FC y CVMDF para luego realizar la prueba T de student y así determinar si existe diferencia estadística. Los cálculos de los estadísticos se realizó mediante el software estadístico libre R.

3.6.4 Para la comparación de equipos con muestras en fragmentos

- Primero, se realizó la programación del MiniFiber EC y el OFDA 2000 para medición en fragmentos.
- Para realizar la medición en fragmentos se realizó el corte en guillotina de las muestras de ovino, cachemira, guanaco y vicuña quedando fragmentos (“snippets”) de 2 mm de cada muestra colocándolas en pequeños envases de vidrio. Luego, se realizó el lavado de las muestras en el equipo Snippet Drier el cual tiene una cápsula con fondo de malla donde se colocó la muestra fragmentada para ser lavados con alcohol isopropílico. Dicho equipo funciona con aire comprimido, bombas de lavado y de vacío para el secado de la muestra.
- Luego, los fragmentos se colocaron en el dispersor, el cual mediante un rotor giratorio va cubriendo de fibras en fragmentos en el slide de vidrio, de 1 milímetro de espesor, logrando una densidad adecuada y constante en todo el slide.

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

- Finalmente, el slide con la muestra en fragmento se introdujo al MiniFiber EC, luego al OFDA 2000. Para realizar la medición de las muestras en el Sirolan Laserscan se vierte la muestra en el equipo que contiene una solución de alcohol isopropílico y agua y este fluido transporta las fibras para ser evaluadas.
- Se determinó el promedio de la MDF, DEMDF, FC y CVMDF para luego realizar la prueba de Duncan y Friedman y así determinar si existe diferencia estadística. Los cálculos de los estadísticos se realizó mediante el software estadístico libre R.

3.6.5 Para evaluar la exactitud y precisión del MiniFiber EC

- Se trabajó con las muestras de top patrón con medidas definidas de ovino, alpaca y mohair proveídas por Interwoolabs al Laboratorio de Fibras Textiles EEA INTA – Bariloche.
- Se realizó el corte en guillotina de los tops patrón para obtener muestras en fragmento de 2 milímetros. Se preparó 4 sub muestras de cada muestra patrón. Seguidamente, se colocó los fragmentos en el dispersor para poder cubrir el slide con una densidad adecuada y constante.
- Por último, se realizó la medición de las muestras en el MiniFiber EC en laboratorio a condiciones de 20°C y 65% de humedad relativa, bajo condiciones de campo (21.6°C y 73% de humedad relativa) y en ambiente cerrado (23.4°C y 50.5% de humedad relativa).
- La precisión fue evaluada mediante la desviación estándar y dos veces la amplitud del intervalo de confianza (2IC%). La exactitud se determinó con la diferencia entre la MDF conocida del top patrón y la MDF obtenida por el equipo. Los cálculos de los estadísticos descriptivos mediante el software estadístico libre R.

3.7 Material de investigación

3.7.1 Instrumentos de investigación

Ficha de datos (resultados). Los datos obtenidos del análisis de las muestras en cada equipo (media de diámetro de fibra, desviación estándar de la media de diámetro de fibra, factor de confort y coeficiente de variación de la media de diámetro de fibra) se obtuvieron del software de cada equipo y se migro a una ficha de datos en Excel.

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

3.7.2 Diseño de materiales

3.7.2.1 Materiales de campo

- Mameluco
- Botas
- Balanza digital
- Bolsas de polietileno
- Plumón indeleble
- Marcador
- Tijera
- Cámara fotográfica
- Cuaderno de campo

3.7.2.2 Materiales y equipos de laboratorio

- Slide de vidrio de 1 milímetro de espesor
- Placas Petri
- Matraz Erlenmeyer
- Probeta graduada
- Brocha
- Rodillo
- Pinzas
- Tijeras
- Sujetador de muestras
- Alcohol isopropílico
- Hexano
- Mascarillas
- Guantes desechables
- MiniFiber EC versión 2.0
- OFDA 2000 modo 100
- Sirolan Laserscan
- Snippet Drier
- Ultrasonic Cleaner

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

3.7.2.3 Materiales de escritorio

- Cuaderno de apuntes
- Papel Bond A4
- Computadora portátil
- Memoria USB

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

Capitulo IV. Resultados

4.1 Descripción de los resultados

4.1.1 De la medición de fibras en el MiniFiber EC, OFDA 2000 y Sirolan Laserscan

Tabla 1. Promedio ± error estándar (EE) de la media del diámetro de fibra (MDF), desviación estándar de la MDF (DEMDF), factor de confort (FC) y coeficiente de variación de la MDF (CVMDF) de mechas limpias y sucias de fibras de alpacas, ovinos, llama y mohair evaluados con el MiniFiber EC y el OFDA 2000. También se muestran las diferencias entre las evaluaciones de ambos equipos.

	n	MiniFiber EC		OFDA 2000		Diferencias	
		Sucio	Limpio	Sucio	Limpio	En sucio	En limpio
Alpaca							
- MDF (µm)	40	22.8±0.5[a]	22.0±0.5[a]	23.1±0.5[a]	22.5±0.5[a]	-0.3	-0.5
- DEMDF (µm)	40	6.6±0.1[a]	6.2±0.1[a]	5.0±0.1[b]	5.0±0.1[b]	1.6	1.2
- FC (%)	40	88.2±1.5[a]	90.4±1.3[a]	89.2±1.8[a]	90.7±1.6[a]	-1.0	-0.3
- CVMDF (%)	40	29.2±0.4[a]	28.3±0.4[a]	21.6±0.3[b]	22.2±0.3[b]	7.6	6.1
Ovino							
- MDF (µm)	40	29.0±0.4[a]	26.2±0.4[a]	29.4±0.4[a]	26.9±0.4[a]	-0.4	-0.7
- DEMDF (µm)	40	9.4±0.2[a]	7.8±0.2[a]	7.1±0.3[b]	6.3±0.3[b]	2.3	1.5
- FC (%)	40	64.0±2.3[a]	76.8±1.8[a]	62.9±2.5[b]	76.8±2.0[a]	1.1	0.0
- CVMDF (%)	40	32.3±0.8[a]	29.7±0.8[a]	24.1±0.9[b]	23.2±1.0[b]	8.2	6.5
Llama							
- MDF (µm)	40	24.5±0.5[a]	-	24.0±0.5[a]	-	0.5	-
- DEMDF (µm)	40	8.9±0.2[a]	-	7.9±0.2[b]	-	1.0	-
- FC (%)	40	80.6±1.7[a]	-	83.1±1.7[a]	-	-2.5	-
- CVMDF (%)	40	36.5±0.7[a]	-	33.0±0.6[b]	-	3.5	-
Mohair							
- MDF (µm)	40	25.4±0.4[a]	-	25.3±0.4[a]	-	0.1	-
- DEMDF (µm)	40	8.8±0.2[a]	-	5.5±0.2[b]	-	3.3	-
- FC (%)	40	79.7±1.8[a]	-	83.0±2.1[a]	-	-3.3	-
- CVMDF (%)	40	34.9±0.9[a]	-	21.6±0.5[b]	-	13.3	-

Los resultados de la medición de cuatro características en diversos tipos de fibra utilizando el MiniFiber EC y OFDA 2000 en modo 100 se encuentran en la Tabla 1. Se puede observar que, en general, las diferencias en las muestras de fibra de alpaca, ovino,

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

llama y mohair respecto a la MDF analizada con el MiniFiber EC y OFDA 2000 son mínimas, con un rango de -0.4 a 0.5, obteniéndose una mayor medición con el MiniFiber EC para muestras de fibra de llama, mohair y lana. Sin embargo, se obtuvo una mayor diferencia para el CVMDF.

Así también, en la Tabla 1 se observa que con respecto a los resultados de la MDF y el FC obtenidos con el MiniFiber EC y el OFDA 2000 no existen diferencias significativas, cuando se evalúan fibras de alpaca, ovino, llama y mohair. De este modo, como se aprecia en la Tabla 1, aunque las diferencias para la MDF y el FC entre ambos equipos varían entre -0.4 a 0.5 µm y de -3.3 y 1.1% para fibras sucias y de -0.7 a -0.5 µm y -0.3%, para fibras limpias, respectivamente, estas no resultan ser significativas estadísticamente.

Contrariamente a lo anterior, se ha encontrado suficiente evidencia para indicar que los resultados de la DEMDF y el CVMDF obtenidos con el MiniFiber EC y el OFDA 2000 son diferentes, observándose mayores valores de éstas características con el MiniFiber EC, encontrándose diferencias hasta de 3.3 µm y 13.3% para la DEMDF y el CVMDF respectivamente entre ambos equipos, para fibras con promedio entre 22 y 29 µm.

Asimismo, se ha encontrado que cuando se miden fibras sucias de alpaca y ovino con el MiniFiber EC y el OFDA 2000, respecto a los resultados de la MDF, DEMDF, FC y CVMDF, estas son mayores que cuando se evalúan fibras limpias.

Los resultados de la MDF obtenidos para alpaca, llama y mohair se encuentran dentro de los rangos normales (35), los resultados de la muestra de lana no se encuentran dentro de los rangos normales ya que solo se tiene referencia de la MDF de ovinos de raza y no de ovinos criollos. Es así que la MDF obtenida para la fibra de alpaca se encuentra dentro de los rangos normales, clasificándola como fibra extra fina (<23.1 µm) según la Norma Técnica Peruana 231.301 (25). Así también, la MDF para las muestras de lana se encuentra dentro de la clasificación de cruza mediana 3 según la clasificación Argentina (36). Respecto a la fibra de llama, nuestra MDF obtenida se consideraría, según la clasificación de centro de reclasificado y enfardado de fibra de acopios en el norte argentino, como fina (21 – 25.9 µm) (25). La MDF obtenida para las muestras de mohair también se encuentra dentro de los rangos normales y, considerando la clasificación con referencias del mercado australiano, se encuentra dentro de la categoría kid (24 - 28 µm) (37).

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

Tabla 2. Promedio ± error estándar (EE) de la media del diámetro de fibra (MDF), desviación estándar de la MDF (DEMDF), factor de confort (FC) y coeficiente de variación de la MDF (CVMDF) de fragmentos limpios de fibras de cachemira, guanaco, ovino y vicuña evaluados con el MiniFiber EC, OFDA 2000 y Laserscan. También se muestran las diferencias entre las evaluaciones de ambos equipos.

	n	MiniFiber EC	OFDA 2000	Laserscan	M - O	M - L	O - L
Cachemira							
- MDF (µm)	40	24.1±0.3[a]	24.7±0.4[a]	23.4±0.4[b]	-0.6	0.7	1.3
- DEMDF (µm)	40	12.7±0.4[a]	16.1±0.6[b]	12.2±0.5[c]	-3.4	0.5	3.9
- FC (%)	40	83.3±1.0[a]	84.5±0.8[b]	90.9±0.5[c]	-1.2	-7.6	-6.4
- CVMDF (%)	40	52.4±1.2[a]	64.8±1.7[b]	51.7±1.6[a]	-12.4	0.7	13.1
Guanaco							
- MDF (µm)	21	18.5±0.4[a]	17.0±0.4[b]	17.4±0.4[ab]	1.5	1.1	-0.4
- DEMDF (µm)	21	6.6±0.2[a]	8.2±0.3[b]	7.1±0.3[ab]	-1.6	-0.5	1.1
- FC (%)	21	96.5±0.3[a]	97.6±0.2[b]	97.9±0.2[b]	-1.1	-1.4	-0.3
- CVMDF (%)	21	35.6±1.4[a]	48.2±1.4[b]	40.9±1.9[a]	-12.6	-5.3	7.3
Ovino							
- MDF (µm)	40	27.8±0.4[a]	26.1±0.4[b]	28.3±0.4[a]	1.7	-0.5	-2.2
- DEMDF (µm)	40	8.0±0.3[a]	6.8±0.3[b]	7.5±0.3[ab]	1.2	0.5	-0.7
- FC (%)	40	68.6±2.0[a]	79.3±1.7[b]	79.4±1.6[b]	-10.7	-10.8	-0.1
- CVMDF (%)	40	28.6±0.8[a]	26.2±1.0[b]	26.4±0.8[b]	2.4	-2.2	-0.2
Vicuña							
- MDF (µm)	40	15.1±0.2[a]	13.5±0.2[b]	14.0±0.2[b]	1.6	1.1	-0.5
- DEMDF (µm)	40	3.6±0.1[a]	4.0±0.1[a]	3.7±0.1[a]	-0.4	-0.1	0.3
- FC (%)	40	99.4±0.1[a]	99.4±0.0[a]	99.5±0.0[a]	0	-0.1	-0.1
- CVMDF (%)	40	24.0±0.6[a]	29.4±0.7[b]	26.9±0.8[b]	-5.4	-2.9	2.5

De la misma manera, los resultados de la medición de cuatro características de muestras de fibras de cachemira, guanaco, ovino y vicuña con el MiniFiber EC, OFDA 2000 modo 100 y Sirolan Laserscan se muestra en la Tabla 2. Es así que se puede observar que para el análisis de las muestras de cachemira y lana, los resultados del MiniFiber EC con respecto al Laserscan son más pequeños que con el OFDA 2000, no evidenciándose lo mismo con las muestras de fibra de guanaco y de vicuña. Dichas diferencias se justificarían debido al rango de medición programado en cada equipo, ya que el OFDA 2000 trabaja en un rango de 4 a 80 µm y el Laserscan de 0 a 80 µm, además de que dichos equipos tienen un solo rango para todos los tipos de fibras de origen animal en

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

comparación al MiniFiber EC que tiene un rango de medición por especie para así poder considerar la medición de pelos en las muestras que no están descerdadas.

Con respecto a la MDF, la mayor diferencia encontrada es de -2.2 µm en muestras de lana entre el OFDA 2000 y el Laserscan, mientras que la mayor diferencia entre el MiniFiber EC y el Laserscan es de 1.1. Así también, para la DEMDF, en el caso de cachemira, la diferencia entre el MiniFiber EC y el Laserscan es de 0.5 µm y entre el OFDA 2000 y Laserscan es de 3.9 µm, siendo también menor el rango entre el MiniFiber EC y Laserscan para muestras de fibra de guanaco, vicuña y muestras de lana, con -0.5, -0.1 y 0.5 µm, menor a las diferencias entre OFDA 2000 y Laserscan.

Así también, la MDF para muestras de cachemira analizadas con los tres equipos, varía entre 23.4 y 24.7 µm, para muestras de fibra de guanaco varía entre 17.0 y 18,5 µm, para lana entre 26.1 y 28.3 µm y para muestras de fibra de vicuña varía entre 13.5 y 15.1 µm.

Considerando el resultado promedio para la MDF, se obtuvo 24.1 µm para cachemira, 17.6 µm para guanaco, 27.4 µm para lana y 14.2 µm para muestras de fibra de vicuña. Mientras que para la DEMDF, se obtuvo un promedio de 13.6 µm, 7.3 µm, 7.4 µm y 3.8 µm para muestras de fibra de cachemira, guanaco, ovino y vicuña, respectivamente. Así también, para el FC, determinando el promedio del total de muestras por tipo de fibra, se obtuvo 86.2% para cachemira, 97.3% para muestras de fibra de guanaco, 75.8 % para muestras de lana y 99.4% para muestras de fibra de vicuña. Por último, el promedio del CVMDF para muestras de cachemira es de 56.3 %, para muestras de fibra de guanaco 41.6%, para muestras de lana 27.1 % y para muestras de fibra de vicuña es de 26.8 %.

Finalmente, aunque las diferencias para la MDF de muestras de fibra de cachemira entre el MiniFiber EC y OFDA 2000 varia en -0.6, esta no resulta ser significativa estadísticamente. Así también, se ha encontrado suficiente evidencia para indicar que los resultados de la MDF, DEMDF y CVMDF obtenidos con el MiniFiber EC y Laserscan son estadísticamente iguales no encontrándose diferencia significativa a pesar de las diferencias hasta de -2.2 µm, 1.1 µm y 7.3% para la MDF, DEMDF y CVMDF. De la misma manera, se encontró que respecto a los resultados de la DEMDF y FC para muestras de fibras de guanaco analizados en los tres equipos no hay diferencia significativa estadísticamente.

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

Por otro lado, la MDF obtenida para guanaco y vicuña se encuentra dentro de los rangos normales (35), sin embargo, la MDF obtenida para cachemira no se encuentra dentro de los rangos normales establecidos ya que nosotros evaluamos la capa completa (fibras down y pelos), así también, nuestras muestras de lana son de ovinos criollos de los cuales no se tiene referencia respecto a rangos normales. De la misma manera, no hay clasificación para las fibras de guanaco y vicuña ya que tienen un precio establecido en el mercado. Respecto a la cachemira, la MDF obtenida por nosotros se encuentra dentro de la fibra gruesa, llamada también pelo o chilla (38).

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

4.1.2 De la correlación y regresión entre el Mini Fiber EC, OFDA 2000 y Sirolan Laserscan

Tabla 3. Coeficientes de correlación de Pearson (r) y estadísticos de regresiones lineales entre los resultados obtenidos con el MiniFiber EC y OFDA 2000 con respecto a la media del diámetro de fibra (MDF), desviación estándar de la MDF (DEMDF), factor de confort (FC) y coeficiente de variación de la MDF (CVMDF), al ser evaluadas mechas sucias y limpias de alpacas, ovinos, llamas y mohair.

	n	Correlación		Regresión			
		r	Signif.	b	Signif.	a	Signif.
PARA MECHAS SUCIAS							
Alpaca							
- MDF	40	0.99	***	0.99	***	0.05	N.S
- DEMDF	40	0.82	***	0.82	***	2.50	***
- FC	40	0.98	***	0.82	***	14.99	***
- CVMDF	40	0.43	*	0.65	**	15.12	**
Ovino							
- MDF	40	0.91	***	0.94	***	1.45	N.S
- DEMDF	40	0.82	***	0.70	***	4.43	***
- FC	40	0.92	***	0.84	***	11.10	**
- CVMDF	40	0.70	***	0.63	***	17.30	***
Llama							
- MDF	40	0.99	***	0.95	***	1.64	*
- DEMDF	40	0.86	***	0.83	***	2.36	***
- FC	40	0.99	***	0.99	***	-2.08	N.S
- CVMDF	40	0.81	***	0.84	***	8.65	*
Mohair							
- MDF	40	0.97	***	1.03	***	-0.65	N.S
- DEMDF	40	0.34	*	0.41	*	6.53	***
- FC	40	0.96	***	0.86	***	8.11	*
- CVMDF	40	0.22	N.S	0.40	N.S	26.33	***
PARA MECHAS LIMPIAS							
Alpaca							
- MDF	40	0.99	***	0.97	***	0.04	N.S
- DEMDF	40	0.84	***	0.90	***	1.69	***
- FC	40	0.99	***	0.83	***	15.45	***
- CVMDF	40	0.37	*	0.50	*	17.24	***
Ovino							
- MDF	40	0.98	***	1.04	***	-1.73	N.S
- DEMDF	40	0.96	***	0.71	***	3.31	***
- FC	40	0.97	***	0.90	***	7.47	**
- CVMDF	40	0.93	***	0.70	***	13.37	***

a = Intercepto; b = coeficiente de regresión; *** = 0.0, ** = 0.001, *= 0.01.

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

Los coeficientes de correlación de Pearson y estadístico de regresiones lineales para cuatro características en diversos tipos de fibra de origen animal utilizando el MiniFiber EC y OFDA 2000 en modo 100 se observa en la Tabla 2. Se observa que para la MDF en fibras sucias hay una correlación altamente significativa para todas las especies con una correlación de 0.91 para fibra de ovino y 0.99 para fibra de alpaca y llama. Así también, se observa una correlación alta para el FC en fibra sucia que va de 0.92 en muestras de ovino y 0.98 en alpacas, siendo altamente significativas para todas las especies. De la misma manera, para la DEMDF se observa una correlación alta para fibra de llama, altamente significativa, sin embargo se obtuvo una correlación baja (0.34) para muestras de mohair, sin embargo, no es altamente significativa. Sin embargo, se observa una correlación baja para el CVMDF para muestras de fibra de alpaca y mohair, siendo no significativas, en comparación a la correlación obtenida para las otras especies.

Para el análisis de muestras de fibra limpia, se obtuvo una correlación alta tanto para la MDF como para el FC en fibras de alpaca y ovino, siendo altamente significativas. Así también, se obtuvo una alta correlación para la DEMDF para la fibra de ambas especies, siendo más alta la correlación para fibra de ovino. Sin embargo, se obtuvo una correlación baja para el CVMDF de muestras de fibra de alpaca respectivamente, con un bajo nivel de significancia (p=0.01).

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

Tabla 4. Coeficientes de correlación de Pearson (r) entre los resultados obtenidos con el MiniFiber EC, OFDA 2000 y Laserscan con respecto a la media de diámetro de fibra (MDF), desviación estándar de la MDF (DEMDF), factor de confort (FC) y coeficiente de variación de la MDF (CVMDF), al ser evaluados fragmentos limpios de cachemira, guanaco, ovino y vicuña.

	n	MiniFiber EC y OFDA		MiniFiber EC y Laserscan		OFDA y Laserscan	
		r	Signif.	r	Signif.	r	Signif.
Cachemira							
- MDF	40	0.59	***	0.42	*	0.80	***
- DEMDF	40	0.15	N.S	0.46	**	0.71	***
- FC	40	0.82	***	0.70	***	0.85	***
- CVMDF	40	0.17	N.S	0.53	***	0.58	***
Guanaco							
- MDF	21	0.87	***	0.76	***	0.95	***
- DEMDF	21	0.48	*	0.51	*	0.52	*
- FC	21	0.64	**	0.18	N.S	0.65	**
- CVMDF	21	0.55	*	0.75	***	0.60	**
Ovino							
- MDF	40	0.96	***	0.94	***	0.95	***
- DEMDF	40	0.92	***	0.89	***	0.94	***
- FC	40	0.95	***	0.74	***	0.79	***
- CVMDF	40	0.92	***	0.86	***	0.92	***
Vicuña							
- MDF	40	0.88	***	0.79	***	0.93	***
- DEMDF	40	0.22	N.S	0.12	N.S	-0.03	N.S
- FC	40	0.22	N.S	0.21	N.S	-0.04	N.S
- CVMDF	40	0.28	N.S	0.25	N.S	0.12	N.S

*** = 0.00, ** = 0.001, *= 0.01.

Los coeficientes de correlación de Pearson para cuatro características analizadas en el MiniFiber EC, OFDA 2000 y Sirolan Laserscan se presenta en la Tabla 5. Se observa los coeficientes de correlación de Pearson entre el MiniFiber EC vs OFDA 2000, MiniFiber EC vs Sirolan Laserscan y OFDA 2000 vs Sirolan Laserscan. Respecto a la correlación entre el MiniFiber EC y el OFDA 2000, se observa una correlación alta con alta significancia (p=0.00) en las características analizadas de las muestras de ovino, como también en la MDF de vicuña, guanaco y cachemira. Así también, respecto a la correlación entre los valores medidos por el MiniFiber EC y el Sirolan Laserscan, también se observa una alta correlación

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

en las características analizadas de las muestras de fibra de ovino (p=0.00). De la misma manera, en la correlación obtenida para las características medidas por el OFDA 2000 y Sirolan Laserscan, se observa mayor correlación en los resultados del MDF, DEMDF, FC y CVMDF de las muestras de fibra de ovino.

Contrariamente a lo anterior, se tiene suficiente evidencia para afirmar que existe baja correlación entre los tres equipos al obtener los resultados de la DEMDF, FC y CVMDF para muestras de fibra de guanaco, sin embargo, estas no son significativas estadísticamente.

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

Tabla 5. Coeficientes de regresión lineal entre los resultados obtenidos con el MiniFiber EC, OFDA y Laserscan con respecto al diámetro de fibra diámetro de fibra (MDF), desviación estándar de la MDF (DEMDF), factor de confort (FC) y coeficiente de variación de la MDF (CVMDF), al ser evaluados fragmentos limpios de cachemira, guanaco, ovino y vicuña

	n	Minifiber EC y OFDA				Minifiber EC y Laserscan				OFDA y Laserscan			
		b	Signif.	a	Signif.	b	Signif.	a	Signif.	b	Signif.	a	Signif.
Cachemira													
- MDF	40	0.39	***	14.35	***	0.33	***	16.30	***	0.95	***	2.38	N.S
- DEMDF	40	0.09	N.S	11.21	***	0.36	**	8.24	***	0.97	***	4.37	*
- FC	40	0.95	***	2.76	N.S	1.35	***	-39.67	**	1.40	***	-42.59	**
- CVMDF	40	0.12	N.S	44.50	***	0.40	***	31.72	***	0.60	***	33.90	***
Guanaco													
- MDF	21	0.87	***	3.71	N.S	0.81	***	4.49	N.S	1.00	***	-0.53	N.S
- DEMDF	21	0.35	*	3.67	**	0.33	*	4.20	***	0.46	*	4.90	**
- FC	21	1.08	**	-8.92	N.S	0.28	N.S	68.17	N.S	0.61	**	37.85	*
- CVMDF	21	0.55	**	9.19	N.S	0.56	***	12.88	*	0.44	**	30.07	***
Ovino													
- MDF	40	1.04	***	0.64		0.91	***	2.15	N.S	0.85	***	1.94	N.S
- DEMDF	40	0.83	***	2.28	***	0.92	***	1.06	N.S	1.07	***	-1.19	*
- FC	40	1.13	***	-20.68	***	0.98	***	-9.43	N.S	0.88	***	9.45	N.S
- CVMDF	40	0.74	***	9.21	***	0.94	***	3.88	N.S	1.23	***	-6.38	**
Vicuña													
- MDF	21	0.84	***	3.80	***	0.81	***	3.77	*	0.99	***	-0.38	N.S
- DEMDF	21	0.22	N.S	2.78	***	0.11	N.S	3.24	***	-0.03	N.S	4.06	***
- FC	21	0.35	N.S	64.10	*	0.27	N.S	72.11	***	-0.03	N.S	102.76	***
- CVMDF	21	0.24	N.S	17.10	***	0.19	N.S	18.91	***	0.12	N.S	26.31	***

a = Intercepto; b = coeficiente de regresión; *** = 0.0, ** = 0.001, *= 0.01.

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

En los gráficos 1 al 3 se muestra la dispersión de media de diámetro de fibra del top patrón con medidas conocidas respecto a la MDF determinada por el MiniFiber EC a condiciones de laboratorio.

Figura 1. Gráfico de dispersión de la media de diámetro de fibra (MDF) de tops patrón de ovino con el MiniFiber EC en laboratorio (T° 20ºC ±2 / HR 65% ±3). En la parte superior se presenta la ecuación de regresión y el coeficiente de correlación

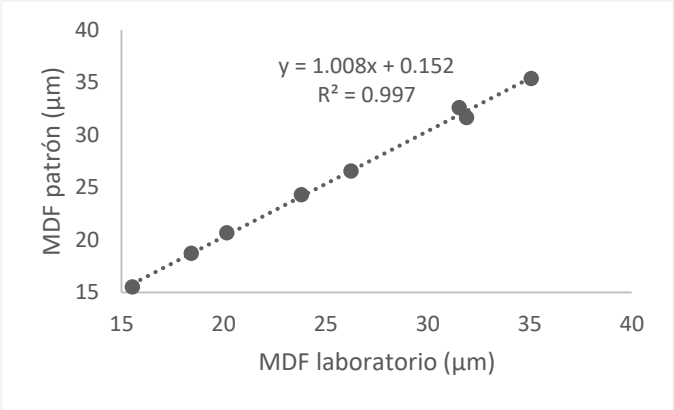
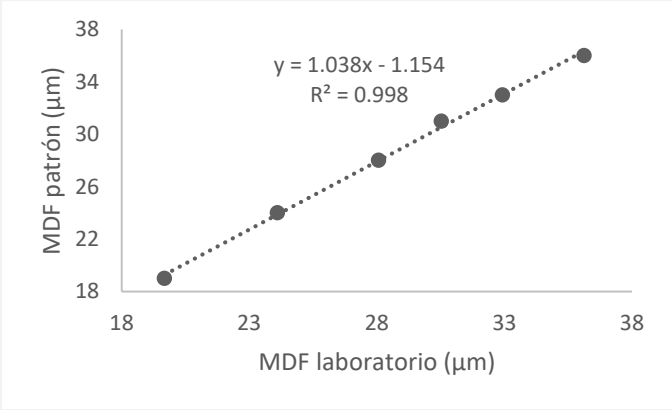
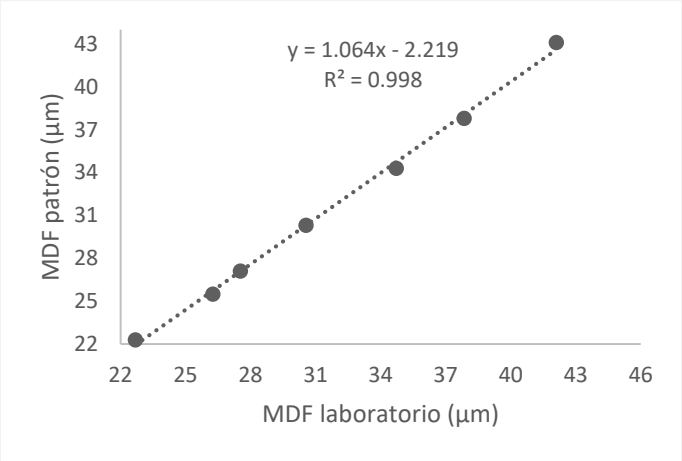


Figura 2. Gráfico de dispersión de la media de diámetro de fibra (MDF) de tops patrón de alpaca con el MiniFiber EC en laboratorio (T° 20ºC ±2 / HR 65% ±3). En la parte superior se presenta la ecuación de regresión y el coeficiente de correlación



Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

Figura 3. Gráfico de dispersión de la media de diámetro de fibra (MDF) de tops patrón de mohair con el MiniFiber EC en laboratorio (T° 20ºC ±2 / HR 65% ±3). En la parte superior se presenta la ecuación de regresión y el coeficiente de correlación



4.1.3 De la precisión y exactitud del Mini Fiber EC

Tabla 6. Promedio y estadísticos de precisión y exactitud por muestra de top de lana de ovino y fibra de alpaca y mohair, respecto a la media del diámetro de fibra (MDF) analizada en diferentes condiciones ambientales obtenidas con el MiniFiber EC.

MDF (µm)-Top patrón	n	Promedio de la MDF			Precisión						Exactitud		
					D.E.			2IC%					
		L	C	AC	L	C	AC	L	C	AC	L	C	AC
Ovino													
15.71	4	-	14.78	15.48	-	0.11	0.42	-	0.22	0.82	-	0.93	0.23
18.47	4	-	18.15	18.63	-	0.37	0.06	-	0.73	0.12	-	0.32	-0.16
15.53	4	15.53	-	-	0.06	-	-	0.12	-	-	0.00	-	-
18.73	4	18.42	-	-	0.38	-	-	0.74	-	-	0.31	-	-
20.66	4	20.16	19.64	20.34	0.16	0.24	0.12	0.31	0.47	0.24	0.50	1.02	0.32
24.29	4	23.80	23.50	24.27	0.18	0.12	0.19	0.35	0.24	0.37	0.49	0.79	0.02
26.57	4	26.23	26.08	26.30	0.34	0.29	0.20	0.67	0.57	0.39	0.34	0.49	0.27
31.65	4	31.89	32.10	32.19	0.24	0.18	0.23	0.47	0.35	0.45	-0.24	-0.45	-0.54
32.60	4	31.54	32.02	32.65	0.36	0.13	1.13	0.71	0.25	2.21	1.06	0.58	-0.05
35.37	4	35.07	35.40	36.02	0.21	0.33	0.76	0.41	0.65	1.49	0.30	-0.03	-0.65
Mohair													
22.30	4	22.68	23.59	22.62	0.36	0.38	0.28	0.71	0.74	0.55	-0.38	-1.29	-0.32
25.50	4	26.26	27.38	25.45	0.53	0.35	0.38	1.04	0.69	0.74	-0.76	-1.88	0.05
27.10	4	27.53	28.01	26.78	0.85	0.25	0.11	1.67	0.49	0.22	-0.43	-0.91	0.32
30.30	4	30.56	31.84	30.38	0.34	0.30	0.76	0.67	0.59	1.49	-0.26	-1.54	-0.08
34.30	4	34.73	34.71	34.48	0.50	0.25	0.41	0.98	0.49	0.80	-0.43	-0.41	-0.18
37.80	4	37.85	40.16	38.12	0.61	0.28	0.07	1.20	0.55	0.14	-0.05	-2.36	-0.32
43.10	4	42.11	44.34	42.23	0.75	0.85	0.25	1.47	1.67	0.49	0.99	-1.24	0.87
Alpaca													
19.00	4	19.68	20.48	18.44	0.23	0.22	0.11	0.45	0.43	0.22	-0.68	-1.48	0.56
24.00	4	24.09	24.73	24.18	0.08	0.08	0.56	0.16	0.16	1.10	-0.09	-0.73	-0.18
28.00	4	28.06	28.94	27.69	0.45	0.57	0.26	0.88	1.12	0.51	-0.06	-0.94	0.31
31.00	4	30.52	30.70	30.71	0.26	0.61	0.24	0.51	1.20	0.47	0.48	0.30	0.29
33.00	4	32.92	33.36	32.29	0.42	0.32	0.32	0.82	0.63	0.63	0.08	-0.36	0.71
36.00	4	36.12	36.91	34.99	0.20	0.61	0.30	0.39	1.20	0.59	-0.12	-0.91	1.01

D.E.: Desviación estándar de 4 mediciones de muestras de tops; 2IC%: Dos veces la amplitud del intervalo de confianza; L: Laboratorio a condiciones de 20°C y 65% de Humedad relativa; C: Bajo condiciones de campo; AC: Bajo condiciones de ambiente cerrado.

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

El promedio y estadísticos de precisión y exactitud al analizar muestras de top patrón de fibra de ovino, mohair y alpaca en diferentes condiciones medio ambientales (temperatura ambiental y humedad relativa) se muestra en la Tabla 6. En ella se observa que la precisión, trabajando con la desviación estándar, respecto a las muestras de top patrón de ovino, tiene un rango de 0.06 a 0.38 en laboratorio, 0.11 a 0.37 en campo y de 0.06 a 1.13 en ambiente cerrado, evidenciándose mayor precisión al trabajar en condiciones de laboratorio adecuado. Para las muestras de top patrón de mohair se tuvo como resultado una desviación estándar con un rango de 0.34 a 0.75 en laboratorio, 0.25 a 0.85 en campo y de 0.07 a 0.76 en ambiente cerrado. De la misma manera, para las muestras de top patrón de alpaca, la desviación estándar obtenida en laboratorio fue de 0.08 a 0.45, en campo fue de 0.08 a 0.61 y en ambiente cerrado fue de 0.11 a 0.56. Al analizar las muestras de top patrón de las tres especies, se observa que existe mayor precisión en condiciones de laboratorio, sin embargo, las diferencias son mínimas respecto a los otros tipos de condiciones medio ambientales.

Así también, respecto a los resultados para la exactitud presentado en la tabla 7, se observa que las diferencias al medir la muestra de top patrón y compararlo con los valores ya definidos por Interwoollabs, la muestra de top patrón de ovino en laboratorio tiene mayor exactitud para fibras finas que para gruesas (diferencias de 0.00 a 1.06 con muestras de fibras de 15.53 µm a 35.37 µm) en comparación a la medición en diferentes condiciones ambientales a las de laboratorio, sin embargo, la diferencia es mínima (0.03 µm a 1.02 µm en campo y de 0.02 µm a 0.65 µm en ambiente cerrado) con un promedio de diferencia para laboratorio de 0.3 µm, para campo de 0.5 µm y para un ambiente cerrado de - 0.1. Para las muestras de top patrón de mohair se observa que, en promedio, existe mayor exactitud en un ambiente cerrado (0.0 µm) respecto a laboratorio y campo (-0.2 µm y -1.4 µm), con una mayor exactitud para fibras finas (diferencia de 0.05 µm respecto a 25.50 µm). Por último, para las muestras de top patrón de alpaca, se tiene como resultado una mayor exactitud en laboratorio (-0.1 µm) respecto a campo y un ambiente cerrado (-0.7 µm y 0.5 µm de diferencia).

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

Tabla 7. Repetibilidad con respecto al diámetro de fibra diámetro de fibra (MDF), desviación estándar de la MDF (DEMDF), factor de confort (FC) y coeficiente de variación de la MDF (CVMDF), al ser evaluadas mechas sucias y limpias de alpacas, ovinos, llamas y mohair.

	n	MiniFiber EC	OFDA 2000
PARA MECHAS SUCIAS			
Alpaca			
- MDF	40	1.00	1.00
- DEMDF	40	0.95	0.99
- FC	40	1.00	1.00
- CVMDF	40	0.92	0.96
Ovino			
- MDF	40	0.99	0.99
- DEMDF	40	0.86	0.93
- FC	40	0.98	0.98
- CVMDF	40	0.87	0.93
Llama			
- MDF	40	1.00	0.99
- DEMDF	40	0.95	0.96
- FC	40	0.99	0.99
- CVMDF	40	0.96	0.97
Mohair			
- MDF	40	0.99	1.00
- DEMDF	40	0.63	0.98
- FC	40	0.97	1.00
- CVMDF	40	0.71	0.97
PARA MECHAS LIMPIAS			
Alpaca			
- MDF	40	1.00	1.00
- DEMDF	40	0.94	1.00
- FC	40	1.00	1.00
- CVMDF	40	0.87	0.98
Ovino			
- MDF	40	1.00	1.00
- DEMDF	40	0.97	0.99
- FC	40	0.99	1.00
- CVMDF	40	0.97	0.99

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

Los valores de repetibilidad con respecto a la MDF, DEMDF, FC y CVMDF para muestras sucias de alpaca, ovino, llama y mohair y muestras limpias de alpaca y ovino se presentan en la Tabla 7. En ella se muestra que la repetibilidad es alta para las cuatro características de las muestras de fibras de origen animal tanto sucias como limpias analizadas en el MiniFiber EC y OFDA 2000. La repetibilidad para muestras sucias va de un rango de 0.63 a 1.00 para el MiniFiber EC y de 0.93 a 1.00 para el OFDA 2000. Además, para las muestras de mecha limpias se muestra una repetibilidad con un rango de 0.87 a 1.00 en el MiniFiber EC y de 0.98 a 1.00 en el OFDA 2000.

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

4.2 Discusión de los resultados

4.2.1 De la medición de fibras en el MiniFiber EC, OFDA 2000 y Sirolan Laserscan

De la Tabla 1, respecto a las diferencias encontradas para la MDF, DEMDF, FC y CVMDF analizadas con el MiniFiber EC y el OFDA 2000, nuestros resultados se aproximan a los encontrados por Quispe *et al*. (2017) al realizar la comparación de las mismas características físicas de muestras de fibra de alpaca, oveja y llama con el Fiber EC y OFDA 2000, teniendo como resultados diferencias de 0.59, -1.4, 2.58 y -7.97; 0.63, -0.17, -13.9 y 2.92; 0.89, -1.55, 2.45 y -9.04, respectivamente. Son resultados similares probablemente debido a que el MiniFiber EC y el Fiber EC tienen un sistema operativo similar, como también, el proceso de calibración es el mismo. Sin embargo, se observa que, respecto al FC y CVMDF, la diferencia es menor al comparar el MiniFiber EC y el OFDA 2000.

De la tabla 2, Van Zyl (2000) al realizar mediciones con muestras de lana de diferentes razas en el OFDA y Laserscan, obtuvo diferencias de 0.3 para muestras de fibra de 27.0 µm diferente a los resultados obtenidos por nosotros dando una diferencia de 2.2 µm para muestras de fibra de 27.8 µm al realizar las mediciones en dichos equipos, tal diferencia podría ser por el tipo de muestra ya que en esta investigación se trabajó con muestras de ovejas criollas las cuales tienen mayor variabilidad en comparación a las otras razas de ovejas, sin embargo, el resultado obtenido por el autor es similar a la diferencia obtenida por nosotros entre el MiniFiber EC y Laserscan. Así también, Baxter y Marler (2004) obtuvieron diferencias de 0.15 µm en muestras de lana medidas con el OFDA y Laserscan, siendo la diferencia con nuestros resultados debido al proceso de análisis de muestra ya que ellos usaron la rejilla ("micro – staple") para las muestras de lana en mecha, y nosotros realizamos el análisis en el portamuestras de vidrio ("slide). Por otro lado, Heath *et al*, (2006) encontró diferencia de -0.15 entre el Laserscan y el Airflow al analizar muestras de lana Merino.

4.2.2 De la correlación y regresión entre el MiniFiber EC, OFDA 2000 y Sirolan Laserscan

De la tabla 3, se observa una correlación alta para la MDF y FC (mayor a 0.90), similar a lo resultados obtenidos por Quispe *et al.*, (2017), quienes obtuvieron una correlación mayor a 0.98 para dichas características comparando el Fiber EC con el OFDA 2000 trabajando con 60 muestras de fibras de origen animal.

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

Los resultados obtenidos en la tabla 4, la correlación de 0.95 obtenida para la MDF entre el Laserscan y el OFDA 2000 es similar al obtenido por Baxter (1998) quien realizó 370 comparaciones entre el OFDA, Airflow y Laserscan con muestras de lana obteniendo una correlación de 0.99 y a lo obtenido por Van Zyl (2000) al investigar la relación de la medición del diámetro de fibra entre el Airflow, OFDA y Laserscan obteniendo una correlación mayor a 0.96 trabajando con muestras de lana de diferentes razas de ovejas, observándose mayor similitud con la correlación entre el MiniFiber EC y el OFDA 2000 obtenida por nosotros. Por otro lado, la correlación de 0.83 para el OFDA 2000 y Laserscan obtenida por Baxter y Marler (2004) es diferente al valor obtenido por nosotros, debiéndose esta notable diferencia debido al tipo de procesamiento de la muestra ya que dichos autores trabajaron con la rejilla ("micro staple") en el OFDA 2000. Así también, respecto al CVMDF, nuestros resultados de correlación de 0.89 son similares a los obtenidos por Baxter (1998) que determinó un valor de 0.89, siendo igual a la correlación obtenida entre el MiniFiber EC y el Laserscan y ligeramente diferente a lo obtenido entre el MiniFiber EC y el OFDA 2000 (0.92), respecto a muestras de lana.

4.2.3 De la precisión y exactitud del MiniFiber EC

De la Tabla 6, el 2IC% en general resulta menor a una micra para los diferentes diámetros de tops patrones y de diferentes especies de fibras, lo cual indica una alta precisión bajo las condiciones exigidas por IWTO (1), siendo mayor bajo otras condiciones, lo cual resulta lógico entendiendo que la fibra al ser un material higroscópico capta o desprende agua, de acuerdo a la temperatura y humedad, variando su diámetro promedio. Estos resultados resultan muy similares a lo obtenido por Quispe *et al.*, (2017) quienes analizaron muestras de top patrón de ovino obteniendo desviaciones estándar de 0.22 y 0.56 para muestras de 20.66 µm y 32.60 µm.

Con respecto a la exactitud del MiniFiber EC, todos los resultados se encuentran dentro de los rangos de tolerancia especificados para el OFDA 2000, Laserscan y Microscopio de proyección referido por Cottle y Baxter (2015). Asimismo los resultados son similares a los encontrados por Quispe *et al.*, (2017) quienes evaluaron y compararon la exactitud del OFDA 2000 y en el FIBER EC obteniendo resultados parecidos respecto a la exactitud del Fiber EC.

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

Los resultados obtenidos en la Tabla 7 para la repetibilidad de la MDF de muestras de fibra de llama analizados en el MiniFiber EC son superiores a los obtenidos por Quispe *et al.*, (2015) para el Fiber EC obteniendo 0.91 de repetibilidad, debiéndose la diferencia por el ambiente en donde se trabajó, ya que las muestras de fibra de llama analizadas en el MiniFiber EC se realizó en un laboratorio con condiciones adecuadas de temperatura ambiental y humedad relativa en comparación al Fiber EC que se trabajó en un ambiente cerrado sin adecuación alguna, sin embargo, nuestros resultados de repetibilidad para muestras de fibra de alpaca son similares a los obtenidos por Quispe *et al.*, (2017) con repetibilidades altas 1.00, 0.96, 0.99 y 0.97 para la MDF, DEMDF, FC y CVMDF.

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

Capitulo V. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Las medidas del diámetro y factor de confort en mechas de fibras de alpacas, ovinos, cachemira, mohair, vicuñas y guanacos, utilizando MiniFiber EC y OFDA 2000 tienen diferencias, sin embargo, estas no son significativas. Sin embargo, al realizar la comparación con muestras de fibra en fragmentos se encuentra que las mediciones obtenidas son similares entre el MiniFiber EC y el Laserscan; sin embargo existe diferencia con el OFDA 2000.
- La relación entre el MiniFiber EC y OFDA 2000, en muestras de fibra en mecha, es alta para la MDF (0.91 a 0.99) y para el FC (0.92 a 0.99), sin embargo, no sucede lo mismo para la DEMDF y el CVMDF. De la misma manera, al trabajar con muestras de fibras de fragmentos, se obtiene una alta relación entre el MiniFiber EC y el OFDA 2000 en comparación al MiniFiber EC y el Laserscan para las cuatro características analizadas, con mayor significancia para la MDF.
- El MiniFiber EC tiene una exactitud de -0.68 a 0.00 para fibras finas y de -0.12 a 0.30 para fibras gruesas al trabajar en un laboratorio con condiciones adecuadas. Para la precisión se obtiene un rango de 0.06 a 0.36 para fibras finas y de 0.20 a 0.75 para fibras gruesas en condiciones de laboratorio. Se encuentra diferencias respecto al área en que se analiza las muestras de fibras en el MiniFiber EC, sin embargo, las diferencias son mínimas. El MiniFiber EC es un equipo que puede ser considerado de buena precisión y exactitud en condiciones de laboratorio, no perdiendo dichas bondades aun trabajando en diferentes ambientes, por lo tanto dicho equipo constituye una buena posibilidad para usos en la selección de animales que tienen por finalidad la producción de lanas y fibras, así como también resulta ser una buena herramienta para la clasificación de lanas y fibras para efectos de comercialización y transformación.

5.2 Recomendaciones

- Realizar trabajos de investigación sobre la influencia de la altitud (metros sobre el nivel del mar) en la exactitud y precisión del equipo.
- Adquirir el MiniFiber EC en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAMBA ya que en nuestra localidad existe un alto porcentaje de criadores de animales productores de fibras (alpaca, llama, vicuña) y el tener dicho equipo sería una alternativa de mejora en la selección de alpacas por parte de los criadores.

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

Bibliografía

1. Cottle D. J., Baxter B. P. Wool metrology research and development to date. Textile Progress. 2015;: p. 315.
2. PRORECA. Estudio, identificación, mapeo y análisis competitivo de la cadena productiva de camélidos. Bolivia:; 2003.
3. Cardellino R., Consultants D., Mueller J. Proceedings of the symposium on natural fibres. Roma:; 2008.
4. Quispe M. D., Benavidez G., Sauri R. A., Bengoechea J. J., Quispe E. C. Development and preliminary validation of an automatic digital analysis system for animal fibre analysis. South African Journal of Animal Science. 2017;: p. 12.
5. Usunariz. Guemisa. [Online].; 2005. Available from: www.guemisa.com.
6. Bryant F. C., Florez A., Pfister J. Sheep and alpaca productivity on high andean rangelands in Peru. Journal of Animal Science. 1989.
7. Ministerio de Agricultura y Riego. Perú es el mayor productor de fibra de alpaca en el mundo. [Online].; 2017. Available from: www.minagri.gob.pe.
8. Ruiz A. M, García, B., Mesa J. L. Error, incertidumbre, precisión y exactitud, términos asociados a la calidad espacial del dato geográfico..
9. Quispe M. D, Bengoechea J. J, Quispe E. C. Fiber Electronich Characterizer (Fiber-EC): Una nueva tecnología para evaluación de fibras de camélidos sudamericanos. In VII Congreso Mundial de Camélidos Sudaméricanos; 2015; Puno. p. 4.
10. Heath W. A, Barkhuizen J. W, Wright O. E. The relationship between mean fibre diameter measurements by Airflow and Laserscan for South African Wools. Raw Wool Group. 2006;: p. 7.
11. Ferguson M. B, Kearney G. A comparison of the OFDA 2000 with conventional mid-side testing of mohair. South African Journal of Animal Science. 2004;: p. 3.
12. Van A. M. The relationships between mean fibre diameter measurements by Airflow, OFDA and Laserscan for South African wools from different breeds. Raw Wool Group. 2000;: p. 9.

13. Baxter B. P. Comparison of Laserscan, OFDA and airflow on raw wool samples. Raw Wool Group. 1998;: p. 18.

14. Quispe M., Quispe E. Minicaracterizador electrónico de fibras: Mini Fiber EC. Manual del usuario. 2018..

15. Zoccola M. Fibras proteicas: Pelos finos (camélidos y cabra). Identificación, caracterización, clasificación y acondicionamiento. 2014..

16. Baxter B. P. On-farm Classing of Animals and Fleeces with the OFDA 2000. In Wool Tech. Sheep Breed.; 2001. p. 133 - 155.

17. Elvira M. Presentación del instrumento de medición de finura OFDA 2000. Sitio Argentino de Producción Animal. 2005.

18. Humphries. Sirolan Laserscan: providing better measurements. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation. 2008.

19. IWTO. In Measurement of the mean and distribution of fibre diameter using the Sirolan Laserscan fibre diameter analyser.; 2003. p. 30.

20. Pineda L., Jara M. Prospectiva y vigilancia tecnológica en la cadena fibra - textil - confecciones Bogota: Editorial Universidad del Rosario; 2010.

21. Gil Á. Fibras Textiles. 2011..

22. Pond K., Pond W. Introducción a la ciencia animal España: Editorial Acribia S.A; 2000.

23. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO). Fibras naturales. Perfiles de las 15 principales fibras de origen vegetal y animal. [Online].; 2009. Available from: www.fao.org.

24. Wang X., Wang L., Liu X. The quality and processing of performance of alpaca fibres. Australia:; 2003.

25. Quispe E. C., Rodriguez T. C., Iñiguez L. R., Mueller J. P. Producción de fibra de alpaca, llama, vicuña y guanaco en Sudamérica. Animal Genetic Resources Information. 2009;: p. 14.

26. Zárate Á. Guia Técnica: Asistencia técnica dirigida en caracterización y clasificación de fibra de Alpaca. Agrobanco. 2012: p. 28.

27. Alarcón M. Predicción de la calidad de lana mediante Espectroscopia de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano (NIRS). 2012..

28. Swinburn M., Laing R. M., Niven B.E. Development of alpaca and alpaca/wool blend knitwear fabrics. In The 9th International Woo Textile Research Conference; 1995: Research Gate. p. 9.

29. Baxter B.P, Cottle D.J. Fibre diameter distribution characteristics of midside (fleece) samples and their use in sheep breeding. Inernational Wool Textile Organisation. 1997;: p. 8.

30. Whiteley K. J. Distribution of Fiber Diameter in Greasy Wool Sale Lots. Division of Textile Physics. 1984;: p. 4.

31. Comité Conjunto de Guías en Metrologia. Vocabulario Internacional de Metrologia: Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados (VIM) España: Centro Español de Metrologia; 2012.

32. Maroto A., Boqué R., Riu J., Rius X. Incertidumbre y precisión. España:; 2001.

33. Interwoollabs. [Online].; 2017. Available from: http://www.interwoollabs.org.

34. IWTO. Conditioning of procedures for testing textiles - IWTO -52. In Red Book Specifications.; 2006. p. 35.

35. Manrique P., Grupp C. Análisis de la cadena productiva de camélidos sudamericanos. [Online].; 2005. Available from: www.cidaqp.org.

36. Peña S., López G., Abiatti N., Martínez R. Características de la finura de la lana de razas ovinas en Argentina. Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental.. 2017;: p. 11.

37. Sapag A., Arrigo J. Sitio Argentino de Producción Animal. [Online].; 2011. Available from: http://www.produccion-animal.com.ar.

38. Maurino J., Sacchero D. Cashmere en Patagonia, características de la fibra, la cosecha y el procesamiento textil. Argentina :; 2017.

39. Marler J. W., Baxter B. P. The 2003 Australian Wool Innovation On-Farm Fibre Measurement Instrument Evaluation Trial. Part 1: Accuracy and Precision Trials. International Wool Textile Organisation. 2004;: p. 44.

40. Peter B., Marler J. The 2003 Australian Wool Innovation on-farm fibre measurement instrument evaluation trial- Part 2: PErformance in objective classing and ranking for animal selection. International Wool Textile Organization. 2004;: p. 39.

Anexos

Figura 4. Toma de muestras del costillar medio de fibras de origen animal

Figura 5. Preparación de muestras de mechas de fibra de origen animal en slides

Figura 6. Preparación de muestras de mecha sucias para el lavado en solución de 20% de alcohol isopropílico y 80% de hexano.

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ

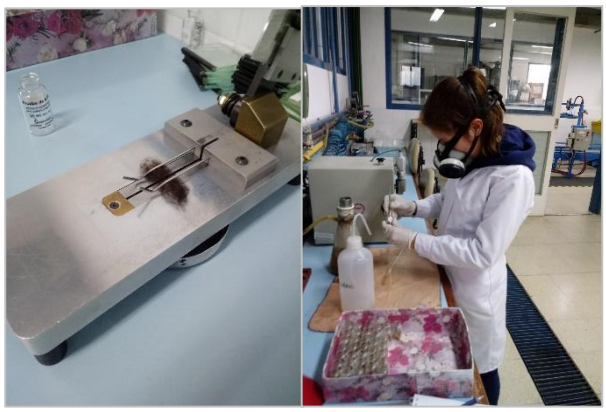


Figura 7. Proceso de lavado de muestras fragmentadas en 20% de alcohol isopropilico y 60% de hexano en el Snippet Drier

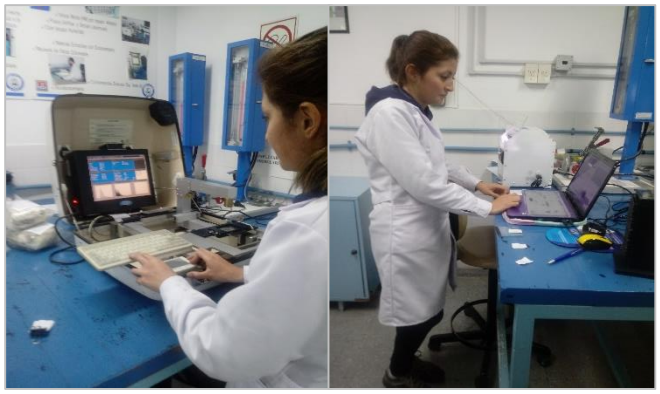


Figura 8. Análisis de muestras de fibra comparando el OFDA 2000 y MiniFiber EC

Figura 9. Análisis de muestras de fibra en el Laserscan para la comparación con el OFDA 2000 y MiniFiber EC

Tabla 8. Resultados del análisis de muestras de mecha de fibras sucias y limpias de alpaca en el OFDA 2000 modo 100 (referencia de 5 muestras).

N° animal	Repetición	MUESTRA SUCIA				MUESTRA LIMPIA			
		MDF (µm)	DE (µm)	FC (%)	CV (%)	MDF (µm)	DE (µm)	FC (%)	CV (%)
100	A	19.98	3.46	99.30	17.32	19.43	3.51	99.20	18.06
100	B	20.08	3.61	99.10	17.98	19.40	3.51	99.40	18.09
101	A	30.68	6.67	51.70	21.74	29.74	6.35	57.00	21.35
101	B	30.62	6.64	51.90	21.69	29.95	6.46	55.50	21.57
102	A	27.53	6.05	74.10	21.98	26.65	6.22	79.20	23.34
102	B	27.58	6.04	73.70	21.90	26.71	6.26	78.00	23.44
103	A	22.67	5.14	93.60	22.77	22.62	5.31	93.40	23.47
103	B	22.66	4.99	94.20	22.12	22.64	5.26	93.50	23.23
104	A	20.26	4.12	98.50	20.34	19.74	4.17	98.60	21.12
104	B	20.26	4.27	98.50	21.08	19.71	4.28	98.40	21.71
105	A	21.19	4.67	95.70	22.04	21.12	4.91	95.40	23.03
105	B	21.26	4.81	95.70	22.62	21.23	4.83	95.30	22.64

Tabla 9. Resultados del análisis de muestras de mecha de fibras sucias y limpias de alpaca en el Mini Fiber EC (referencia de 5 muestras).

N° animal	Repetición	MUESTRA SUCIA				MUESTRA LIMPIA			
		MDF (µm)	DE (µm)	FC (%)	CV (%)	MDF (µm)	DE (µm)	FC (%)	CV (%)
100	A	20.11	6.01	96.09	29.86	18.54	4.87	97.39	26.27
100	B	19.98	5.75	96.26	28.79	18.62	4.87	97.26	26.17
101	A	30.02	7.30	56.18	24.32	29.13	8.14	60.21	27.93
101	B	29.78	7.46	56.14	25.04	29.18	8.26	61.72	28.31
102	A	27.05	8.43	77.83	31.18	25.82	8.23	81.64	31.86
102	B	27.09	8.74	77.43	32.28	25.74	7.93	81.45	30.82
103	A	21.57	6.11	93.48	28.33	21.62	6.12	93.92	28.33
103	B	21.55	6.11	93.43	28.34	21.42	5.82	94.42	27.16
104	A	19.90	6.25	95.35	31.41	18.19	5.50	96.86	30.23
104	B	20.08	6.53	94.98	32.49	18.11	4.96	97.78	27.36
105	A	20.13	6.05	95.36	30.05	20.86	5.42	95.69	25.96
105	B	20.22	6.08	95.23	30.06	20.85	5.55	95.10	26.62

Tabla 10. Resultados del análisis de muestras de fragmentos de fibras sucias y limpias de ovino en el Mini Fiber EC, OFDA 2000 y Laserscan (referencia de 5 muestras).

N° animal	Equipo	MDF (µm)	DE (µm)	FC (%)	CV (%)
1	MiniFiber EC	25.65	6.40	85.00	24.95
2	MiniFiber EC	33.27	8.32	35.26	24.99
3	MiniFiber EC	27.57	6.62	71.94	24.02
4	MiniFiber EC	25.00	6.71	77.47	26.86
5	MiniFiber EC	29.30	7.48	54.87	25.54
1	OFDA 2000	23.74	4.33	94.70	18.24
2	OFDA 2000	30.72	6.93	49.30	22.56
3	OFDA 2000	26.49	5.59	80.40	21.10
4	OFDA 2000	22.82	5.75	90.20	25.20
5	OFDA 2000	26.88	6.07	73.30	22.58
1	Laserscan	24.90	5.8	92.60	23.29
2	Laserscan	34.20	7.0	79.00	20.47
3	Laserscan	28.50	6.8	79.20	23.86
4	Laserscan	26.80	6.2	83.67	23.13
5	Laserscan	29.40	7.0	74.07	23.81

Repositorio Institucional – UNAMBA - PERÚ