

## Evaluación de la precisión y la exactitud de equipos de laboratorios que determinan la calidad de fibras de ovinos

### Evaluation of the precision and accuracy of laboratory equipment that determines the quality of ovine fibres

Mirian Yuliza Rubio Cieza<sup>1</sup>, Tony Steven Chuquizuta Trigoso<sup>1</sup>,  
Edgar Carlos Quispe Peña<sup>2,3,5</sup>, Diego Sacchero<sup>4</sup>

#### RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo evaluar la precisión y exactitud de equipos que determinan la calidad de fibras de ovinos. Los equipos utilizados (total = 15) fueron Sirolan Laserscan, OFDA 2000, Minifiber EC y Fiber EC, pertenecientes a nueve laboratorios de Perú (n=7) y Argentina (n=2). Se determinaron las medias del diámetro medio de fibra (MDF) con relación a los límites de tolerancia determinados por las normas IWTO 12 e IWTO 47, utilizándose muestras de fibras con diámetros conocidos. La exactitud se determinó a partir del promedio obtenido de las submuestras menos el valor real de las muestras y la precisión fue evaluada mediante la desviación estándar de las repeticiones. Se utilizó el método de comparaciones múltiples de Dunnett para la precisión y la exactitud. Los resultados demostraron que los equipos codificados como B y C de los laboratorios 4 y 8 fueron los más exactos, mientras que los equipos B y D de los laboratorios 5 y 8 resultaron ser los más precisos. Asimismo, seis de los nueve laboratorios tuvieron equipos que determinaron el MDF dentro de los límites de tolerancia acorde a las normas IWTO 12 e IWTO 47, por lo que se recomienda implementar pruebas inter-laboratorios y de equipos que evalúan fibras a nivel nacional.

**Palabras clave:** precisión, exactitud, tolerancia, fibra de ovino, MDF

<sup>1</sup> Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional Autónoma de Chota, Cajamarca, Perú

<sup>2</sup> Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

<sup>3</sup> Laboratorio de Fibras de animales, Natural Fiber's Tech SAC. Lima, Perú

<sup>4</sup> Laboratorio de Fibras Textiles, INTA, Bariloche, Argentina

<sup>5</sup> E-mail: [edgarquispe62@gmail.com](mailto:edgarquispe62@gmail.com)

Recibido: 15 de julio de 2019

Aceptado para publicación: 28 de abril de 2020

Publicado: 22 de junio de 2020

## ABSTRACT

The study aimed to evaluate the precision and accuracy of equipment that determine the quality of sheep fibres. The equipment used (total = 15) were Sirolan Laserscan, OFDA 2000, Minifiber EC and Fiber EC, belonging to nine laboratories in Peru (n=7) and Argentina (n=2). The mean values of the mean diameter fibre (MDF) were determined in relation to the tolerance limits given by IWTO 12 and IWTO 47, using samples of fibres with known diameters. The accuracy was determined from the average obtained from the subsamples minus the actual value of the samples and the precision was evaluated by the standard deviation of the repetitions. Dunnett's multiple comparisons method was used for precision and accuracy. The results showed that the equipment coded as B and C in laboratories 4 and 8 were the most accurate, while equipment B and D in laboratories 5 and 8 showed the highest precision. Six of the nine laboratories had equipment that determined the MDF within the tolerance limits given by IWTO 12 and IWTO 47. It is recommended to implement inter-laboratory and instrument tests that evaluate fibres at a national level.

**Key words:** precision, accuracy, tolerance, sheep fibre, MDF

## INTRODUCCIÓN

La industria textil viene incrementando de manera proporcional la oferta de prendas de vestir a base de fibras naturales de origen animal (IBCE, 2017). Estas son obtenidas de animales como el conejo, cabras Angora y de Cachemira, buey almizclero, yak, camellos y camélidos sudamericanos (Quispe *et al.*, 2015). Estas fibras se caracterizan por su diámetro, elasticidad, longitud, aspecto y finura, siendo las de menor diámetro las más utilizadas en la confección de prendas de vestir y las que presentan mayor valor económico (Quispe *et al.*, 2017).

La evaluación de la calidad de las fibras ha demandado el desarrollo de tecnologías sofisticadas para evaluar el diámetro medio de fibra (MDF, por sus siglas en inglés), su distribución y parámetros asociados (Baxter y Marler, 2004). Las mediciones objetivas de la fibra, específicamente el MDF, juega un papel importante en la comercialización (Walker *et al.*, 2018), por esta razón, los laboratorios de fibras textiles utilizan equipos que trabajan de acuerdo con los

estándares o especificaciones propuestos por la Organización Internacional de Lanasy Textiles (IWTO) (<http://www.iwto.org/work/standards>).

Los equipos como el Minifiber, Fiber EC, Laserscan y OFDA 2000 son de gran ayuda para los productores y exportadores de fibras textiles; sin embargo, el problema radica en el manejo inadecuado de estos, por deficiencias en su calibración debido a la falta de personal especializado (Rubio, 2019). En torno a ello, se han venido realizando algunas rondas inter-laboratorios, con el fin de fortalecer las capacidades técnicas en metrología de fibras (Interwoollabs, 2005). En este sentido, Quispe *et al.* (2019) realizaron una prueba inter-laboratorio para determinar la exactitud y precisión de un equipo portátil de análisis de fibras de camelidos en tres laboratorios, y Sacchero y Quispe (2019) evaluaron equipos de laboratorios de países andinos que se encontraban trabajando con poca articulación. Otros grupos de investigadores, asimismo, han realizado estudios de precisión y exactitud; así, Arias (2018) comparó los equipos MiniFiber EC, OFDA 2000 y Sirolan Laserscan, y Benavidez (2017) hizo la com-

paración de la precisión intra-laboratorio del equipo FIBER-EC con OFDA 2000 utilizando muestras de fibra de alpacas, llamas y ovinos.

En Perú hay laboratorios de fibras textiles que se encuentran trabajando sin ningún tipo de articulación con entidades que supervisen o realicen rondas inter-laboratorio para evaluar la precisión y la exactitud de sus equipos. Por tal motivo el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la precisión y exactitud de los equipos que determinan la calidad de las fibras y su comparación con los límites de tolerancia dados por IWTO 12 (2015a) e IWTO 47 (2015b).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Lugar de Ejecución

La investigación se realizó en siete laboratorios de fibras textiles del Perú ubicados en las ciudades de Lima, Cajamarca, Huancavelica y Cusco, y en dos laboratorios en Argentina. Los laboratorios se codificaron aleatoriamente del 1 al 9, debido al documento de confidencialidad suscritos por los miembros de cada laboratorio.

### Equipos Utilizados

Se evaluaron 15 equipos de las marcas Minifiber (Maxcorp Technologies SAC, Perú), Fiber EC (Maxcorp Technologies SAC, Perú), OFDA (BSC Electronics, Australia) y Sirolan Laserscan (AWTA Ltd., Australia). Se les codificó en forma aleatoria con las letras A, B, C y D, protegiendo las marcas comerciales de acuerdo con un documento de confidencialidad.

### Fragmentos de Fibra de Ovino Referentes

Como referentes se utilizaron fragmentos de cuatro muestras de fibras de ovino lavadas y preparadas en el Laboratorio de Fibras Textiles del INTA-Bariloche, Argenti-

na. El lavado de las muestras de lana se realizó en un levatán (Woolmark Co.) de cinco estaciones, utilizando bolsas porosas, luego fueron centrifugadas y secadas en una estufa, y finalmente acondicionadas a 20 °C y 65% de humedad. Las muestras fueron minicoreadas con el equipo Minicore (Hornik Fibertech, Suiza) para posteriormente caracterizar el MDF de las muestras con el equipo Laserscan del laboratorio del INTA, obteniéndose los valores de 19.2, 22.7, 23.9 y 28.4  $\mu\text{m}$  para las cuatro muestras, respectivamente. Estas muestras y sus valores fueron consideradas como muestras patrones referenciales. El Sirolan Laserscan fue seleccionado debido a su reciente y exitosa participación en la ronda inter-laboratorio de Interwoollabs. Además, la calibración de este equipo se realiza en forma permanente por personal especializado y que según AWTA (1999), Laserscan es el equipo que provee mayor precisión y exactitud con respecto a la medición del diámetro de la fibra.

Las muestras fueron envasadas en tubos de polietileno y enviados a los laboratorios participantes para su respectiva evaluación (Figura 1).

### Metodología

Los laboratorios, con excepción de dos, trabajaron bajo condiciones no controladas de ambiente. La temperatura varió entre 18 y 22 °C y la humedad relativa entre 15 y 66% (Cuadro 1). Los equipos de los laboratorios codificados como 2, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 fueron calibrados previo al estudio utilizando fibras patrones de calibración obtenidas de Interwoollabs (con diámetros medios entre 15 y 35  $\mu\text{m}$ ).

Las muestras para el Minifiber, Fiber EC y OFDA 2000 fueron colocadas en un dispersor que, a través de un rotor giratorio, los fragmentos fueron distribuidos uniformemente en láminas de vidrio (portafibras), de

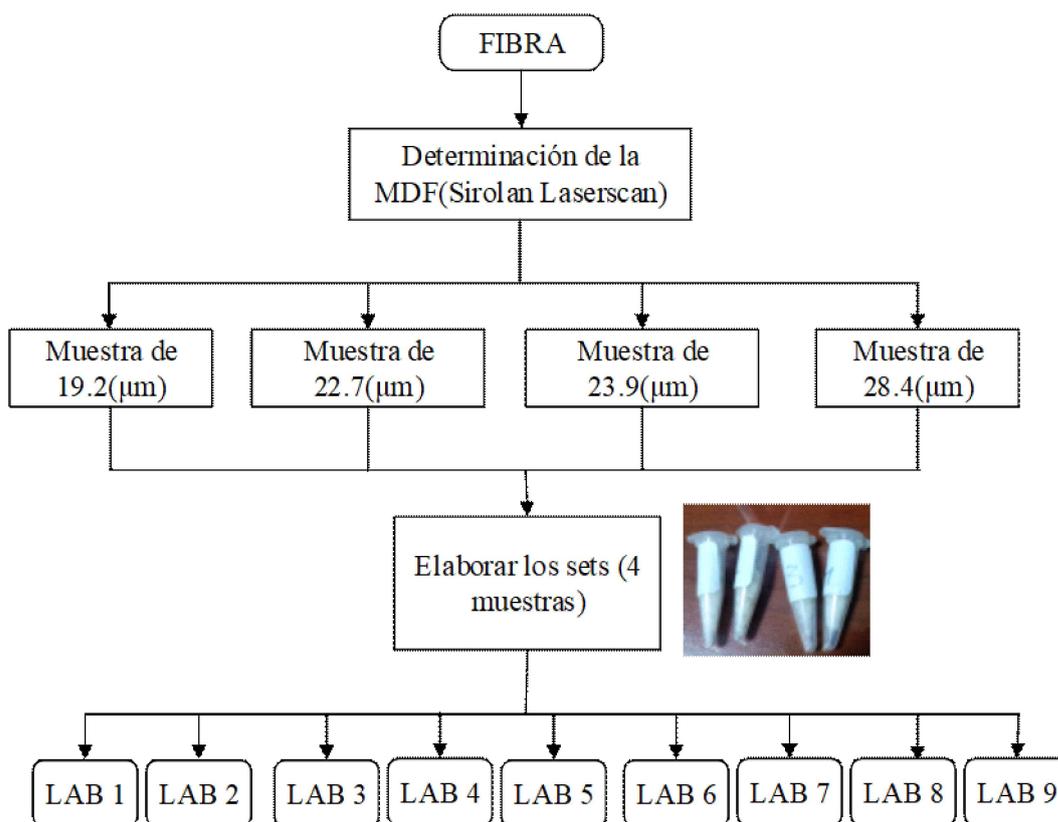


Figura 1. Proceso seguido desde la determinación del diámetro con el equipo Sirolan Laserscan (diámetro conocido), elaboración de los sets (19.2, 22.7, 23.9 y 28.4 µm) y la distribución para los nueve laboratorios de fibras textiles de Perú y Argentina

Cuadro 1. Temperatura ambiental y humedad relativa de los nueve laboratorios de fibras textiles de Perú y Argentina participantes de la evaluación de equipos de fibras

Laboratorio	Temperatura ambiente (°C)	Humedad relativa (%)
1	21.0	26.7
2	21.0	65.0
3	18.3	46.0
4	20.0	62.0
5	21.8	63.5
6	18.0	58.0
7	21.6	15.6
8	18.0	66.8
9	20.0	65.0

acuerdo con las especificaciones de la norma IWTO 47 (IWTO, 2015b). Las muestras en el caso del Laserscan se introdujeron en un frasco de dispersión los fragmentos de fibra y se dispersaron en un fluido de transporte (isopropanol) para la medición del diámetro medio siguiendo los procedimientos de IWTO 12 (IWTO, 2015a).

Se midieron tres submuestras con dos repeticiones por cada muestra. Se registraron cada una de las características medidas, las condiciones de laboratorio como temperatura (°C) y humedad relativa (%), equipo utilizado, identificación de la muestra, submuestra y repetición. La exactitud se determinó mediante la diferencia del valor conocido menos el resultado que se obtuvo del promedio de las submuestras. La precisión se determinó mediante la desviación estándar (DS) de las repeticiones realizadas.

## Análisis Estadístico

Se realizó una comparación de medias mediante la prueba de Dunnett. Para la exactitud se utilizó como media de control el cero con el objetivo de determinar cuál equipo tenía una media cercana a 0 y para la precisión se utilizaron los valores de exactitud del equipo Laserscan del INTA-Bariloche (0.07, 0.14, 0.26 y 0.13) correspondiente a cada muestra utilizada. Para el procesamiento de datos se utilizó el software Minitab 18.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Precisión y Exactitud de los Equipos

En el Cuadro 2 se muestran los datos de la precisión y exactitud de los 15 equipos de los nueve laboratorios. Diez equipos tenían una exactitud (con MDF muy cercanas a las muestras referenciales) entre -0.6 y 0.8, y que se encuentran dentro del rango de tolerancia indicados por en las normas del IWTO 12 (IWTO, 2015a) para fibras de 15 a 25  $\mu\text{m}$ .

El rango de exactitud varió entre -0.25 y 0.04  $\mu\text{m}$  y entre -0.38 y 0.75  $\mu\text{m}$  para fibras finas y gruesas de ovino, respectivamente en los equipos de los laboratorios 2, 4 y 5 (Cuadro 2), valores similares a los encontrados por Arias (2018) con el equipo MiniFiber EC (-0.68 a 0.00 y -0.12 a 0.30, para fibras finas y gruesas, respectivamente) aceptables en la exactitud, al trabajar en un laboratorio en condiciones adecuadas (20 °C y 60% HR), por lo que se puede afirmar que los equipos de los laboratorios 2, 4 y 5 tenían una exactitud cercana a cero y, por tanto, son aceptables.

Los valores de exactitud del equipo A del laboratorio 2 fueron entre 0.07 y 0.19 y del equipo D del laboratorio 8 entre 0.06 y 0.33  $\mu\text{m}$ , valores que se atribuyen a las condiciones adecuadas de 20 °C de temperatura y 65% de humedad relativa. Benavidez (2017)

obtuvo una exactitud de 0.034 - 0.250  $\mu\text{m}$  con un equipo Fiber EC en fibra de ovino inferior a 25  $\mu\text{m}$ , de allí que la exactitud de estos equipos es similar a los encontrados por este autor.

En la evaluación de la precisión de los 15 equipos se observó que a medida que el grosor de la fibra aumentaba la precisión en algunos equipos disminuía, habiendo una variación entre 0.01 y 0.68 para fibras de 19.2 a 28.4  $\mu\text{m}$ . En este sentido, Quispe *et al.* (2019) reportaron que la precisión de los equipos disminuye en función al aumento del MDF. Así, la desviación fue menor de 1.00  $\mu\text{m}$  para fibras entre 17.34 y 37.02  $\mu\text{m}$ .

La precisión obtenida con el equipo B va desde 0.07 hasta 0.26  $\mu\text{m}$ , mientras que en el equipo D va desde 0.01 hasta 0.12  $\mu\text{m}$  en el laboratorio 8 y para el equipo C desde 0.02 hasta 0.16 en el laboratorio 4. Los equipos C y D mostraron mayor precisión en comparación con el equipo B. Quispe *et al.* (2017) en su trabajo de comparación del Laserscan y OFDA 2000, reportaron que la precisión del equipo Laserscan para evaluaciones de fibra menores de 25  $\mu\text{m}$  variaba entre 0.034 y 0.250  $\mu\text{m}$ . Con base a estos resultados, los equipos C y D muestran una precisión similar a la de Laserscan.

La evaluación de la precisión de los 15 equipos se realizó con valores de exactitud del equipo Sirolan Laserscan del INTA-Bariloche: 0.07, 0.14, 0.26 y 0.13 para la primera, segunda, tercera y cuarta muestra, respectivamente, resultando más precisos los equipos C de los laboratorios 2, 3 y 4. Los laboratorios 1 y 3 tuvieron valores de precisión y exactitud significativamente diferentes en tres de las cuatro muestras evaluadas con respecto al resto, debido posiblemente a que los equipos no fueron calibrados por personal especializado, tal y como lo menciona Hazelton (2009).

Cuadro 2. Resultados<sup>1</sup> de la evaluación de la precisión (desviación estándar de las repeticiones) y la exactitud (diferencia del diámetro conocido menos el diámetro obtenido) de 15 equipos de los nueve laboratorios de Perú y de Argentina utilizando cuatro muestras de ovino con diámetros conocidos (19.2, 22.7, 23.9 y 28.4  $\mu\text{m}$ )

Laboratorio	Equipo	Exactitud				Precisión			
		19.2 $\mu\text{m}$	22.7 $\mu\text{m}$	23.9 $\mu\text{m}$	28.4 $\mu\text{m}$	19.2 $\mu\text{m}$	22.7 $\mu\text{m}$	23.9 $\mu\text{m}$	28.4 $\mu\text{m}$
1	A	0.67 <sup>NS</sup>	1.05*	1.21*	0.56 <sup>NS</sup>	0.91 <sup>NS</sup>	3.78*	0.85*	0.68 <sup>NS</sup>
2	B	0.15 <sup>NS</sup>	-0.02 <sup>NS</sup>	0.50 <sup>NS</sup>	0.07 <sup>NS</sup>	0.13 <sup>NS</sup>	0.13 <sup>NS</sup>	0.25 <sup>NS</sup>	0.21 <sup>NS</sup>
	A	-0.07 <sup>NS</sup>	-0.84 <sup>NS</sup>	-0.19 <sup>NS</sup>	-0.63 <sup>NS</sup>	0.48 <sup>NS</sup>	0.57 <sup>NS</sup>	0.23 <sup>NS</sup>	0.39 <sup>NS</sup>
	C	-0.25 <sup>NS</sup>	-1.42*	-0.73*	-1.75*	0.26 <sup>NS</sup>	0.54 <sup>NS</sup>	0.05 <sup>NS</sup>	0.56 <sup>NS</sup>
3	C	2.58*	1.17*	1.72*	0.75 <sup>NS</sup>	0.62*	0.29 <sup>NS</sup>	0.10 <sup>NS</sup>	0.35 <sup>NS</sup>
	D	1.40*	0.80 <sup>NS</sup>	0.97 <sup>NS</sup>	0.33 <sup>NS</sup>	0.35 <sup>NS</sup>	0.31 <sup>NS</sup>	0.16 <sup>NS</sup>	0.39 <sup>NS</sup>
4	C	0.04 <sup>NS</sup>	-0.12 <sup>NS</sup>	-0.28 <sup>NS</sup>	-0.14 <sup>NS</sup>	0.27 <sup>NS</sup>	0.02 <sup>NS</sup>	0.16 <sup>NS</sup>	0.30 <sup>NS</sup>
5	C	-0.13 <sup>NS</sup>	0.11 <sup>NS</sup>	-0.25 <sup>NS</sup>	-0.38 <sup>NS</sup>	0.24 <sup>NS</sup>	0.42 <sup>NS</sup>	0.11 <sup>NS</sup>	0.05 <sup>NS</sup>
6	A	0.45 <sup>NS</sup>	0.30 <sup>NS</sup>	-0.34 <sup>NS</sup>	-0.88 <sup>NS</sup>	0.28 <sup>NS</sup>	0.21 <sup>NS</sup>	0.10 <sup>NS</sup>	0.18 <sup>NS</sup>
	A	0.21 <sup>NS</sup>	-0.60 <sup>NS</sup>	-1.60 <sup>NS</sup>	-1.90*	0.30 <sup>NS</sup>	0.78 <sup>NS</sup>	0.12 <sup>NS</sup>	0.22 <sup>NS</sup>
	A	-0.15 <sup>NS</sup>	0.17 <sup>NS</sup>	-0.04 <sup>NS</sup>	-0.11 <sup>NS</sup>	0.28 <sup>NS</sup>	0.30 <sup>NS</sup>	0.33 <sup>NS</sup>	0.24 <sup>NS</sup>
7	A	0.11 <sup>NS</sup>	-0.11 <sup>NS</sup>	0.33 <sup>NS</sup>	-1.05*	0.15 <sup>NS</sup>	0.15 <sup>NS</sup>	0.54*	0.36 <sup>NS</sup>
8	B	0.00 <sup>NS</sup>	0.30 <sup>NS</sup>	0.30 <sup>NS</sup>	-0.05 <sup>NS</sup>	0.07 <sup>NS</sup>	0.14 <sup>NS</sup>	0.26 <sup>NS</sup>	0.13 <sup>NS</sup>
	D	0.06 <sup>NS</sup>	-0.38 <sup>NS</sup>	0.33 <sup>NS</sup>	0.17 <sup>NS</sup>	0.01 <sup>NS</sup>	0.12 <sup>NS</sup>	0.02 <sup>NS</sup>	0.27 <sup>NS</sup>
9	D	0.31 <sup>NS</sup>	-0.57 <sup>NS</sup>	0.06 <sup>NS</sup>	0.48 <sup>NS</sup>	0.33 <sup>NS</sup>	0.33 <sup>NS</sup>	0.33 <sup>NS</sup>	0.56 <sup>NS</sup>

NS: no significativo (media contiene cero); \*: Significativo (media no contiene cero y es mayor a 1)

<sup>1</sup> Tres submuestras con dos repeticiones por muestra

Precisión y exactitud de equipos para análisis de fibras

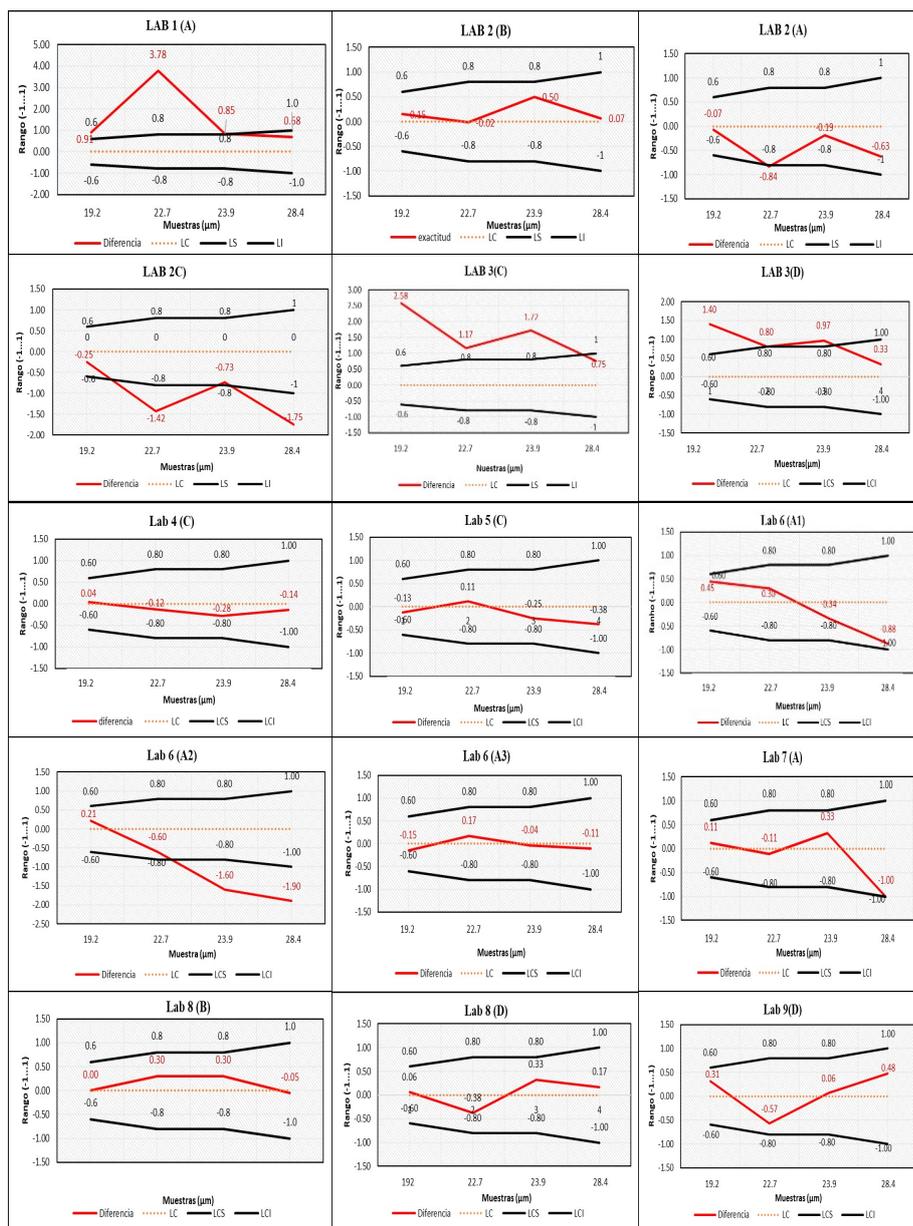


Figura 2: Gráficos de rango de 15 equipos donde se expresan los límites de tolerancia dados por las normas IWTO 12 (IWTO, 2015a) y 47 (IWTO, 2015b). Los límites de tolerancia para cada muestra se ubican entre las líneas negras superior e inferior. Las líneas rojas ilustran los desvíos obtenidos en cada muestra respecto al valor conocido

## Laboratorios con MDF Dentro de los Límites de Tolerancia

Para cada una de las muestras de fibras fragmentadas referenciales con MDF conocidos (19.2, 22.7, 23.9 y 28.4  $\mu\text{m}$ ) se consideraron como límites de tolerancia los valores de 0.6, 0.8, 0.8 y 1.0  $\mu\text{m}$ , respectivamente de acuerdo a las normas IWTO 12 y 47 (IWTO, 2015a y 2015b) especificados para el Sirolan Laserscan y OFDA 2000, pero que también fueron considerados para Mini Fiber y Fiber EC, ya que estos equipos también se basan en la técnica de análisis de imágenes digitales.

En la Figura 2 se puede observar la necesidad de calibrar los equipos 1A, 2C, 3C, 3D y 6a, dado que tienen dos a tres mediciones fuera de los límites de tolerancia aceptables. Asimismo, el equipo 7A tenía un valor fuera de los rangos. Los equipos 2B, 4C, 5C, 6A3, 8B, 8D, y 9D tuvieron resultados satisfactorios con todos sus valores dentro de las tolerancias permitidas, según Interwoollabs (2005). Los informes sobre las rondas interlaboratorio determinan que laboratorios con un valor fuera de los límites se consideran aceptable dentro del límite de tolerancia en los resultados, pero aquellos que tengan dos o más resultados fuera de los límites tienen que realizar la calibración y una nueva prueba obligatoria con nuevas muestras.

## CONCLUSIÓN

- Trece de 15 equipos evaluados tuvieron una exactitud bastante buena, con desviaciones estándar cercanas a cero ( $\pm 0.88$ ).
- Dos laboratorios codificados con sus equipos como 3C y 1A presentaron valores de exactitud significativamente diferentes (más de 1) con respecto a los demás.
- Los equipos codificados como C de los laboratorios 2, 3 y 4 presentaron la mejor precisión.

- De los 15 equipos evaluados, 11 de ellos, correspondientes a seis laboratorios, brindaron resultados que se encuentran dentro del rango de tolerancia exigidos por las normas internacionales.
- Dado que se encontraron varios equipos que no brindan MDF dentro de las normas de tolerancia, se debe implementar pruebas inter-laboratorios y de equipos que evalúen fibras a nivel nacional, siendo el Instituto Nacional de la Calidad (INACAL) la institución que debería asumir esta labor.

## Agradecimiento

Al Proyecto «Construcción de novedosos equipos para estudio de fibras, lanas y pelos y piel de animales: Su impacto en el mejoramiento genético y conservación de camélidos sudamericanos», de acuerdo con el Contrato N° 26-2016-INIA-PNIA/UPMSI/IE», coordinado por la UNACH. A la empresa Maxcorp Technologies y al Laboratorio de Fibras Textiles del INTA-Bariloche de Argentina

## LITERATURA CITADA

1. **Arias K. 2018.** Validación del MINI FIBER EC comparado con el OFDA 2000 y Sirolan Laserscan utilizando diversas fibras de origen animal. Tesis de Médico Veterinario. Abancay, Perú: Univ. Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, 64 p.
2. **[AWTA] Australian Wool Testing Authority. 1999.** Laserscan a new technology for a new millennium. [Internet]. Disponible en: <https://www.awtawooltesting.com.au/index.php/en/component/edocman/resources/brochures-and-handbooks/laserscan-technology-brochure>
3. **Baxter P, Marler J. 2004.** The 2003 Australian wool innovation on-farm fiber measurement instrument evaluation trial

- Part 2: Performance in objective classing and ranking for animal selection. *Wool Tech Sheep Breed* 52: 124-170.
4. **Benavidez F. 2017.** Comparación de la precisión intra laboratorio del Fiber-EC con Ofda 2000 en fibras de alpacas, llamas y ovinos. Tesis de Ingeruero Zootecnista. Trujillo, Perú: Univ. Nacional de Trujillo. 39 p.
  5. **Hazelton NWJ. 2009.** Instrument calibration for the 21st century. In: 57<sup>th</sup> Annual Meeting of Minnesota Society of Professional Surveyors. St. Cloud, Minnesota, USA.
  6. **[IBCE] Instituto Boliviano de Comercio Exeterior. 2017.** Mercados potenciales para productos bolivianos. [Internet]. Disponible en: <http://ibce.org.bo/images/publicaciones/ce-255-Mercados-Potenciales-Productos-Bolivianos.pdf>
  7. **INTERWOOLLABS. 2005.** INTERWOOLLABS Report on Round Trials Completed in 2004. [Internet]. Available in: <https://www.awta-wooltesting.com.au/index.php/en/resources/fact-sheets/resources/research-papers-wool-sliver-top/interwoollabs-report-on-round-trials-completed-in-2004>
  8. **[IWTO 12] International Wool Textile Organisation. 2015a.** Measurement of the mean and distribution of fibre diameter using the Sirolan-Laserscan Fibre Diameter Analyser. In: IWTO RED BOOK Specification. 2015 ed. Australia: IWTO.
  9. **[IWTO 47] International Wool Textile Organisation. 2015b.** Measurement of the mean and distribution of fibre diameter of wool using an optical fibre diameter analyser (OFDA). In: IWTO Red Book Specification. 2015 ed. IWTO.
  10. **Quispe MD, Benavidez G, Sauri RA, Bengoechea JJ, Quispe EC. 2017.** Development and preliminary validation of an automatic digital analysis system for animal fibre analysis. *S Afr J Anim Sci* 47: 822-833. DOI: 10.4314/sajas.v47-i6.10
  11. **Quispe Bonilla MD, Bengoechea Irañeta JJ, Quispe Peña EC. 2015.** Fiber electronic characterizer (Fiber-EC): una nueva tecnología para evaluación de fibras de camélidos sudamericanos. En: VII Congreso Mundial de Camélidos Sudamericanos, Puno, Perú.
  12. **Quispe E, Rubio M, Sacchero D, Quispe M. 2019.** Interlab oratory test performance of a portable fiber tester. In: International Congress on Wool and Luxury Fibres ICONWOOLF 2019. Turkey.
  13. **Rubio M. 2019.** Evaluación de la precisión y exactitud de equipos de laboratorios que determinan la calidad de fibras de tops de ovinos. Tesis de Ingeniero Industrial. Chota, Perú: Univ. Nacional Autónoma de Chota. 46 p.
  14. **Sacchero D, Quispe E. 2019.** RIAFPA: An Interlaboratory Group for Testing Animals Fibers in Andean Countries. In: International Congress on Wool and Luxury Fibres ICONWOOLF 2019. Turkey
  15. **Walker JW, Stewart WC, Pope R, Spear SL, Ebert M, Murphy TW. 2018.** Evaluation of mean fiber diameter measurements by FibreLux micron meter and OFDA2000 in Texas and Intermountain west wool. *Small Ruminant Res* 159: 31-37. doi: 10.1016/j.smallrumres.2017.12.008