

Oportunidades y desafíos de la producción de lanas superfinas y ultrafinas en Uruguay para abastecer mercados diferenciados de alto valor: La experiencia del CRILU

Fabio Montossi²³, Víctor Pérez¹, Martín Bonner¹, Diego Sacchero⁴, Zully Ramos³⁵, Ignacio De Barbieri²

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Las características de las lanas sucia y su influencia en el procesamiento textil y valor del producto

Las propiedades textiles de la fibra de lana determinan el precio de comercialización, así como la utilización posterior y performance textil de la lana (Botha y Hunter, 2010). Dentro de las propiedades más relevantes de la lana sin procesar se destacan: diámetro de la fibra, al rendimiento al peinado, contenido vegetal, largo y la resistencia de mecha, el punto de rotura bajo tensión y el color. En este sentido, en el Cuadro 1, se presenta la importancia relativa de estas y otras características de las lanas en términos del procesamiento textil.

En una profundización de lo presentado en el Cuadro 1, también es posible analizar la influencia comparativa de estas características en el valor del producto según las diferentes etapas del proceso textil (Cuadro 2).

Debido a la influencia que tienen estas características en el rendimiento textil y uso

final de las lanas, estas impactan directamente en el precio que reciben los productores de ovinos, aunque el peso de cada característica en el precio varía según el rango del diámetro de la fibra que se produzca (Cuadro 3). Dentro de las propiedades más relevantes de la lana (sucia) en términos de su influencia en el valor para el productor en Australia se destacan el diámetro de la fibra, el rendimiento al peinado y el largo y la resistencia a la tracción de la mecha. Las lanas de diámetro promedio menor a 19 μm tienen como principal destino el sector vestimenta de lujo, de prestigio, y de alto valor (Rowe, 2010). El diámetro de la fibra de la lana en estado natural es el factor que afecta en mayor medida el confort sobre la piel en prendas de lana, donde lanas con diámetros inferiores a 18 μm asegurarían un excelente confort (Tester, 2014). De acuerdo con los datos suministrados por AWEX y los correspondientes a los remates de lanas de cinco zafras en Australia (Nolan, 2014), el porcentaje acumulado de lanas ultrafina y superfina suman el 37 % del total, mientras que el porcentaje de lana fina fue 64%, considerando solo las lanas con menos de 20,4 μm . También los factores de marketing y el contenido vegetal le siguen en importancia,

¹ Departamento de Textiles, Lana Bruta, Tops y Cueros, Laboratorio Tecnológico del Uruguay, LATU.

² Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, INIA.

³ Consorcio Regional de Lanass Ultrafinas del Uruguay, CRILU.

⁴ Laboratorio de Fibras Textiles, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA.

⁵ Centro Universitario Regional Noreste-UDELAR.

Cuadro 1. Importancia relativa de las características de la lana cruda en el rendimiento textil de las lanas (Adaptado de Botha y Hunter, 2010).

Características de lana (sin procesar)	Importancia
Rendimiento	****
Diámetro de la fibra	****
Material vegetal	****
Largo de la mecha	***
Resistencia a la tracción/punto de rotura de la mecha	***
Color	***
Fibras coloreadas	***
Variabilidad en el diámetro de la fibra	**
Variación en el largo de la mecha	**
Grado de cohesión	**
Rizos/resistencia a la compresión	**
Punta de la mecha	*
Edad/raza/categoría	*
Estilo/carácter/suavidad	*

Nota: **** Más importante; *** Mayor; ** Secundaria; * Menor.

Cuadro 2. Influencia comparativa de las características de la lana cruda en el valor del producto según las diferentes etapas del procesamiento textil de la lana (Adaptado de Botha y Hunter, 2010).

Características de lana (bruta)	Lana lavada	Tops/Fibras cortas	Hilados	Prendas
Rendimiento	XXXX	—	—	—
Material vegetal	XX	XX	XX	E
Diámetro de la fibra	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
Variabilidad en el diámetro de la fibra	E	E	E	E
Largo de la mecha	XX	XXX	X	—
Variación en el largo de la mecha	E	E	—	—
Resistencia a la tracción de la fibra	X	XX	—	—
Variación en la resistencia a la tracción de la fibra	E	—	—	—
Rizos	X	X	X	X
Fibras muy cortas	E	—	—	—
Punta de la mecha	E	—	—	—
Color	X	X	X	X
Fibras oscuras	E	E	E	E

Nota: XXXX Altamente significativo; X: Significativo; E: Puede no estar presente, o significativo sólo cuando se superan ciertos límites; —: no corresponde.

Cuadro 3. Influencia (%) de diferentes características de la lana en el precio que recibe el productor según rango de diámetro de la fibra (AWEX, 2013).

Características de lana (bruta)	Lanas de 17,0-19,5 µm	Lanas de >19,5-25,0 µm
Diámetro de la fibra (%)	27	70
Resistencia a la tracción de la fibra (%)	32	11
Largo de la mecha (%)	13	5
Porcentaje de roturas al medio de la mecha (%)	6	2
Factores de marketing (%)	12	6
Estilo (%)	5	<1
Material vegetal (%)	3	2
Color (%)	< 1	< 1
Otros (%)	2	2

y posteriormente se incorporan con relevancia el punto de rotura bajo tensión, el estilo, y el color (Botha y Hunter, 2014; Nolan et al., 2013; Nolan, 2014). En Sudáfrica, Zenda et al. (2023) señalan también la importancia primordial del diámetro de la fibra, seguido por el largo y la resistencia a la tracción en determinar el precio de lanas Merino de este país, donde los autores concluyen que los productores para maximizar los beneficios económicos deben producir lana con un diámetro de fibra bajo, con una buena longitud de mecha y una adecuada resistencia a la tracción de la mecha. En particular, el largo y la resistencia a la tracción de la mecha cumplen un rol fundamental en afectar el precio de las lanas ultrafinas.

El precio de la lana aumenta a medida que se reduce el diámetro de la fibra (Aryal et al., 2009; Cottle, 2010; Gibbon and Nolan, 2011; Nolan, 2012; Cottle and Baxter, 2015; Masters y Ferguson, 2019; Doyle et al., 2021; Nolan et al., 2013; Nolan, 2014; Zenda et al., 2023), y aumenta a medida que se incrementa la resistencia a la tracción (Scott, 1990; Pepper et al., 2000; Gibbon and Nolan, 2011; Nolan, 2012; Nolan et al., 2013, Nolan, 2014; Zenda et al., 2023) y el largo de la mecha (Pepper et al., 2000; Gibbon and Nolan, 2011), aunque en este último caso puede existir descuentos de acuerdo con los diferentes umbrales que se establezcan en el mercado en los diferentes países (Montossi et al., 2007; Zenda et al., 2023). El factor

determinante del precio es el diámetro de la fibra (Holman y Malau-Aduli, 2012; Nolan 2014; Zenda et al., 2023, 2024), y la ponderación del factor resistencia a la tracción -en términos de premios y descuentos en el precio- aumenta a medida que se reduce el diámetro de la fibra (Botha y Hunter, 2010), en particular en lanas ultrafinas (MECARDO, 2021a).

En el mercado de lanas se observan descuentos en los precios de las lanas con resistencias de las mechas inferiores a 40 N/Ktex, y premios para las lanas más finas con resistencias superiores a 40 N/Ktex y bajos porcentajes de rotura al medio de la mecha. Estas lanas tienden a hilar mejor y producen hilos más finos, resistentes y uniformes, que también rinden mejor en el tejido (SGS, 2014).

En el Cuadro 4 se presentan los premios y descuentos asociados a diferentes valores de resistencia a la tracción de la mecha (RM) para 21, 19, 17 y 15 µm de DF para el promedio de 4 zafras de lanas entre 2016-2017 y 2020-2021 en Australia (MECARDO, 2021a). Para vellones de 19 y 21 µm los descuentos aparecen a partir de 30 N/Ktex y adquieren una mayor magnitud por debajo de 20 N/Ktex. En el caso del vellón de 21 µm, los premios son inexistentes para una alta resistencia de las fibras. Para las 19 µm, los premios por encima de 40-45 N/Ktex se mantienen en general constantes. En comparación con las 21 y 19 µm, los vellones de

Cuadro 4. Premios y descuentos al precio de lana para los DF promedio de 21, 19, 17 y 15 μm de promedio de 4 zafras de lanas entre 2016-2017 y 2020-2021 en Australia (Adaptado de MECARDO, 2021a).

Resistencia a la tracción de la mecha (RT; N/Ktex)	21 μm	19 μm	17 μm	15 μm
50	0,0%	1,5%	3,8%	5,7%
45	0,0%	1,6%	3,9%	5,9%
40	0,0%	1,0%	2,0%	2,0%
35	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
30	-0,5%	-0,5%	-2,0%	-0,5%
25	-3,0%	-1,5%	-3,0%	-3,0%
20	-6,0%	-3,8%	-3,8%	-5,8%
15	-5,0%	-4,2%	-4,1%	-10,0%

15 y 17 μm reciben premios y castigos de mayor magnitud por RM. Aquí, los premios en umbrales mayores, se estabilizan en torno a los 45 N/Ktex, observando valores más positivos para 15 μm . En el caso de las lanas de 17 μm , los descuentos también se estabilizan en torno a los 20-25 N/Ktex. Sin embargo, para las lanas de 15 μm los descuentos aumentan en forma exponencial a partir de ese umbral (20-25 N/Ktex) llegando a valores de 10% para lanas con RT de 15 N/Ktex.

MECARDO (2021a) señala que los descuentos asociados a bajas RT están muy por debajo de los observados en los años 90 y principios de los 2000, aunque una resistencia a la tracción en el entorno a 38 N/Ktex tiende a ser el umbral para acceder a los premios en lanas certificadas RWS, así como también para algunos contratos específicos con firmas italianas especializadas en el procesamiento de lanas de alto valor. Por ello, se debe prestar mucha atención a la RT en términos del paquete tecnológico asociado en particular a las lanas ultrafinas para supera los umbrales de 38 N/Ktex.

MECARDO (2021b) analizó el impacto en el precio del LM en lanas de 17 μm , tomando como rango aceptable recomendado los 70-90 mm de longitud de LM. Sin embargo, cuando la LM cae por debajo de los 58 mm, los descuentos aumentan de forma significativa hasta alcanzar valores en el

entorno del 30% para lanas con 30-40 mm. En forma adicional, MECARDO (2023bc) estudió el impacto de descuentos en el precio de la lana por la provisión de lanas muy largas a la industria textil. Este destaca que se observa una tendencia al aumento en la longitud de las fibras en las lanas Merino en Australia, aunque los problemas aparecen en diámetro medios o gruesos dentro de la raza. En las categorías más finas de Merino, los descuentos han sido de menor entidad. Los problemas de descuentos en el precio recibido (-1,8% en promedio en 10 años) por el productor se observan particularmente en lanas con LM de 110-140 mm.

El largo de mecha y su resistencia a la tracción están vinculados en forma conjunta en el procesamiento de lanas a nivel textil y en su influencia en el precio final que recibe el productor. Los descuentos por problemas de resistencia a la tracción se estabilizaron desde 2010 en niveles menores (descuento medio del 4%) en relación con los observados en la década de 1990, cuando promediaban un 18%. El descuento por mechas cortas siguió una tendencia similar, aunque la disminución del descuento desde los años 90 (33% de media) hasta la última década (15% de media) ha sido menor (MECARDO, 2021c).

En la consideración multifactorial de la incidencia de diferentes características de la lana en el proceso textil, en la década de 1980, se desarrolló una ecuación

predictiva sobre la base de determinadas características de lana en estado natural y en particular para el cálculo de la longitud media de la fibra (hauteur) en los tops de lana. Para ello, se desarrolló la fórmula TEAM (Cottle et al., 2015), y en su versión 3 aparecen en la misma el diámetro de la fibra, la longitud de la mecha, la resistencia a la tracción, la posición de rotura en la mecha, el material vegetal y los coeficientes de variación del diámetro de la fibra y del LM. Esta fórmula predictiva es de utilidad a los industriales textiles para resolver temas técnicos y también comerciales, por ejemplo, en el uso de fibras sustitutas a la lana cuando aparecen problemas de longitud o la resistencia en esta.

1.2. La caracterización de las propiedades textil de las lanas (base sucia) del CRILU

Disponer de una caracterización de las propiedades textiles de las lanas brutas antes de su procesamiento es fundamental para el CRILU, entre otros motivos, porque se contribuye a la:

- i) selección y clasificación precisa del producto lana (sucia), lo cual permite diferenciar y agregar valor tanto a los productores como a los industriales, estableciendo estándares de calidad que puedan contribuir a una comercialización sobre bases objetivas entre las partes, fomentando así sistemas de retribuciones establecidos en base contratos -con derechos y obligaciones entre las partes-
- ii) identificación de áreas de mejora que se pueden presentar en la fase de producción a campo y colaboran en la mejora de la eficiencia, consistencia del producto, previsibilidad y diferenciación por valor en los diferentes productos que se van generado a lo largo del proceso textil hasta llegar al producto final,
- iii) mejorar la sustentabilidad y reducción de desperdicios, al minimiza el riesgo de destinar lana inapropiada a ciertos procesos, lo que evitaría reprocesamientos innecesario y reduciría el impacto ambiental, y

- iv) identificar y priorizar áreas de investigación, transferencia de tecnología e innovación a lo largo de la cadena textil con beneficios para todos sus integrantes.

En este sentido, este equipo de trabajo LATU-INIA-CRILU realizó una primera caracterización de las lanas de productores CRILU I en los años 2015 y 2016, donde participaron la gran mayoría de los productores consorciados (Pérez et al., 2017) con una cantidad de lana cercana a los 500.000 kilogramos.

En este sentido, en el Cuadro 5, para cada característica evaluada de la lana de los consorciados CRILU, se presenta información sobre:

- i) una breve descripción de la importancia de la característica en términos de su incidencia en el rendimiento textil y en el valor en el producto,
- ii) los rangos y/o umbrales de valores recomendados,
- iii) los valores obtenidos en las lanas CRILU y
- iv) finalmente, algunas referencias bibliográficas de interés de la información presentada.

A continuación, de la información obtenida, se destacan los valores promedios y variaciones encontradas a resaltar para ambos años de muestreo (se presentan debajo valores promedio de ambos años 2015 y 2016) de las lanas CRILU I:

- El diámetro de la fibra promedio fue 17,9 y 18,2 μm , donde las lanas finas y superfinas representaron el 85% del total.
- El rendimiento promedio al peine fue 77,3 y 78,4%.
- El coeficiente de variación de diámetro promedio de la fibra fue 22,1% y 21,8%.
- El largo de la mecha promedio fue 85,6 y 91,8 mm. Los rangos de largo de mecha de entre 80 y 100 mm sumaron entre el 78 y 92 % de la lana cosechada en ambos años, mientras que las mechas superiores a 100 mm representaron entre el 1 y 7% del total, respectivamente.
- La resistencia a la tracción promedio fue 36,3 y 34,8 N/Ktex. La mayor proporción (>95 %) de la lana evaluada tuvo una

Cuadro 5. Caracterización de las propiedades textiles en lana sucia de los consorciados del CRILU – Fase I (2011 – 2021).

Característica de la lana	Porqué es importante para el procesamiento textil de la lana	Rango y/o umbrales de valores esperados y/o recomendados	Valores obtenidos en el CRILU I	Referencias científicas y tecnológicas de interés
Diámetro de la fibra (DF; μm)	El diámetro de la fibra de lana influye directamente en la suavidad y confort, capacidad del hilado, aislamiento térmico, elasticidad y caída del tejido, mejorando su demanda y valor comercial a medida que se reduce este.	Dentro de las lanas de mayor valor (Merino), estas se pueden clasificar de acuerdo con los diferentes rangos de finura, y donde la reducción del diámetro de la fibra se asocia a un aumento en su valor comercial: lanas ultrafinas ($< 16,4 \mu\text{m}$), superfinas ($16,5-18,4 \mu\text{m}$), finas ($18,5-20,4 \mu\text{m}$), medias ($20,5-22,5 \mu\text{m}$) y gruesas ($> 22,5 \mu\text{m}$).	Las lanas del CRILU I según su DF fueron 11%, 47%, 38%, y 4% para las lanas ultrafinas, superfinas, finas y medias, respectivamente.	Pérez et al., 2017.
Coefficiente de variación del diámetro de la fibra (CVDF, %)	El coeficiente de variación del diámetro de la fibra es clave para asegurar la uniformidad del hilado, mejorar la procesabilidad textil, resistencia y durabilidad, tacto y confort, y valor comercial.	La recomendación varía con el diámetro de la fibra, aceptándose umbrales más altos a medida que aumenta el grosor de la lana, pero en general, se recomiendan valores inferiores a 18%, 18-20%, 20-22%, y $<22\%$ para las lanas ultrafinas, superfinas, finas y gruesas, respectivamente.	El valor promedio de CVDF de las lanas del CRILU I fue 20,46%, siendo 20,5%, 20,1%, 20,7%, y 21,5% para las lanas ultrafinas, superfinas, finas y medias, respectivamente.	Ciappesoni et al., 2008; Hatcher et al., 2014.
Largo de la mecha (LM; mm)	El largo de la mecha de la fibra de lana es crucial para mejorar la eficiencia del hilado, resistencia del hilo y el tejido, desperdicio en el proceso textil, elasticidad y caída de las prendas, y valor comercial.	Del punto de vista industrial se establecen 4 categorías: regular ($< 75 \text{ mm}$), buena ($75-80 \text{ mm}$), muy buena ($80-85 \text{ mm}$) y excelente ($> 85 \text{ mm}$). Valores superiores a 120 mm pueden también tener efectos negativos en el rendimiento textil.	El valor promedio de LM de las lanas del CRILU I fue 88,90 mm. Del punto de vista de la categorización del LM estas fueron 1,9%, 6,3%, 17,3% y 74,5% regulares, buenas, muy buenas, y excelentes, respectivamente. Los LM mayores a 100 mm fueron solamente el 3% de total de la lana cosechada.	Elvira, 2005; Nolan, 2014; Ciappesoni et al., 2014; Mueller et al., 2013.
Resistencia a la tracción de la mecha (RT; N/Ktex)	Lanas con alta RT mejoran la procesabilidad de la lana en la industria textil, la durabilidad del producto final, la calidad del hilado, la versatilidad en el uso final de la lana, y en una reducción del desperdicio durante el procesamiento textil.	Estas se clasifican en tres categorías: lanas débiles ($<28 \text{ N/Ktex}$), lanas resistentes ($28-38 \text{ N/Ktex}$) y lanas muy resistentes ($>38 \text{ N/Ktex}$). En Australia existen importantes descuentos en el precio para lanas que tengan valores de RT de $< 21 \text{ N/Ktex}$.	El valor promedio de RT de las lanas del CRILU I fue 35,49 N/Ktex. Del punto de vista de la categorización de la RT estas fueron 4,6%, 68,8%, y 26,6% lanas débiles, resistentes y muy resistentes, respectivamente. RT inferiores a 21 N/Ktex fueron solamente el 0,05% de total de la lana cosechada.	Elvira, 2005; Nolan, 2014; McGregor et al., 2016.

<p>Punto de rotura de la mecha (PR; %)</p>	<p>Este PR influye en la procesabilidad del hilado, influenciando la calidad y durabilidad, rendimiento y uso final de los textiles resultante del procesamiento industrial.</p>	<p>Se calcula el porcentaje de mechas que rompen en la base, medio y punta. Si el PR ocurre en el medio de la mecha, se incrementan los valores de descarte en el proceso industrial con respecto a las otras dos posiciones. Se prefieren valores bajos en el PR medio.</p>	<p>La ubicación de los PR de todo el lote CRILU I se ubicó en la punta (42,9%), medio (47,3%) y en la base (9,8%) de la mecha.</p>	<p>Sacchero y Mueller, 2007; McGregor et al., 2016.</p>
<p>Luminosidad de la lana (Y)</p>	<p>La luminosidad es un factor importante para mejorar la apariencia y atractivo visual de los textiles, y para mejorar el rendimiento al teñido y la versatilidad en aplicaciones textiles, y el valor comercial.</p>	<p>El valor recomendado de Y depende del producto final (textil) que se esté trabajando, pero generalmente se busca una luminosidad en el rango de 60 a 90.</p>	<p>El valor promedio de Y fue 69,61 del lote de lana CRILU I, ubicándose el 100% de los valores entre 60 y 90.</p>	<p>Wuliji et al., 1999; Elvira y Albertoli, 2009; Hebart y Brien, 2009; Botha y Hunter, 2010; Hatcher et al., 2010; NZWTA, 2017.</p>
<p>Amarillamiento (Y-Z)</p>	<p>El amarillamiento dificulta el teñido, reduce la luminosidad y atractivo visual, y se asocia con una menor calidad y valor.</p>	<p>Los valores de Y-Z recomendados en lana para evitar el amarillamiento suelen ser bajos, idealmente entre 0 y 10, dependiendo del tipo de lana y su tratamiento. En la lana de alta calidad (como la lana Merino), los valores recomendados de Y-Z deberían ser bajos para evitar el amarillamiento excesivo. Normalmente, los valores de Y-Z deben ser cercanos a 0 o ligeramente positivos, indicando un mínimo amarillamiento.</p>	<p>El valor promedio de Y-Z fue 9,58 del lote de lana CRILU I, ubicándose el 83,7% de los valores entre 0 y 10. Los valores de muy blanco (<8), blanco (9-11) y crema-amarillo (>11) representaron el 3,2%, 94,6% y 2,2% del total cosechado, respectivamente.</p>	<p>Wuliji et al., 1999; Elvira y Albertoli, 2009; Hebart y Brien, 2009; Botha y Hunter, 2010; Hatcher et al., 2010; NZWTA, 2017.</p>
<p>Material Vegetal (MV; %)</p>	<p>Su presencia tiene impactos negativos en el procesamiento industrial, apariencia del tejido final, resultando en una menor demanda y precio en el mercado.</p>	<p>En Australia, lotes de lana donde el valor de MV se aproxima o es superior al 2%, reciben penalizaciones importantes en el precio.</p>	<p>El valor promedio de MV fue 0,45% del lote de lana CRILU I, ubicándose el 100% de los valores entre 0,1 y 1,2%.</p>	<p>Botha y Hunter, 2010.</p>

resistencia a la tracción superior a 28 N/Ktex, y el 90 % del producto cosechada presentó una resistencia en el rango de 28 y 43 N/Ktex. Solo un 0,05% de la lana tuvo valores inferiores a 21 N/Ktex.

- La proporción de lana con porcentajes muy altos (>75 %) de mechas que rompen en el medio fue menor al 5 %.
- La luminosidad promedio fue 69,8 y 69,3, donde el 100 % de la lana evaluada era de tipo blanca ubicándose entre valores de 60 y 90.
- El amarillamiento promedio fue 9,5 y 9,3. Los valores blancos y muy blanco alcanzaron el 97,8%.
- El 100% de los lotes analizados presentaron contenidos de materia vegetal inferiores a 1,5 %.

Estos valores se pueden analizar y comparar, utilizando fuentes de información de otros países y de Uruguay.

En Australia, AWTA (2025) reporta valores promedio en lana vellón en MV, DF, CVDF, LM, RT, puntos de rotura al medio y en la punta de la mecha, luminosidad y amarillamiento para las zafas 2022/2023 y 2023/2024 de 2,4 y 2,3%, 20,8 y 20,7 μm , 21,1 y 21,2%, 88,8 y 86,9 mm, 34,7 y 35,2 N/Ktex, 47,4 y 50,2%, 24,3 y 21,6%, 74,1 y 74,2, y 7,6 y 7,7, respectivamente.

En el sur de Argentina, en un análisis de cinco zafas de lana Merino de aproximadamente 20 μm de DF, los valores de resistencia a la tracción estuvieron entre 22 y 34 N/Ktex, con un largo de fibra de 85-91 mm (Mueller et al., 2013).

En Nueva Zelanda, los resultados típicos de la lana Merino son longitudes de fibra de 60 a 95 mm, resistencias que varían de 25 a 55 N/Ktex y niveles de material vegetal de 0 a 1,3 % (SGS, 2014). La NZWTA (2025), para la zafa 2022/2023, reporta valores promedio dentro de lanas Merino para DF, MV, LM y RT-RT de 17,6 μm , 1,63%, 85,2 mm y 38,7 N/Ktex, respectivamente.

El color y brillo en la lana también son propiedades críticas para el resultado del proceso de teñido (Elvira y Albertori, 2009), donde los colores claros y brillantes permiten aumentar las posibilidades, opciones y

flexibilidad en el proceso de teñido industrial. En la Patagonia (Argentina), Elvira y Albertoli (2009) destacan que las lanas lograron un buen brillo (68,9) y en promedio fueron muy blancas (7,7). Para Australia, Hebart y Brien (2009) señalaron que entre el 3% y 80% de los lotes de lana tuvieron valores menores a 7 y mayores a 8,5 unidades tricométricas, respectivamente. Adicionalmente, el promedio de Y-Z (amarillamiento) para las progenies nacidas en 2007 de siete núcleos de información del Sheep CRC en Australia fue de 7,8 unidades (Hatcher et al., 2010). En la Isla Sur de Nueva Zelanda, Wuliji et al. (1999), trabajando con núcleos de selección en Merino, reportan valores de 10,5-12,5.

En Uruguay (Platero, 2013), en muestras previas a este trabajo (años 2006 y 2007), de menor envergadura, sobre la base de 5 predios ubicados en la región Basáltica que también participaron posteriormente en el CRILU I, con esquilas preparto en ovejas, se observaron en lanas Merino valores promedio de DF, CVDF y RT de 18,7-18,8 μm , 17,4% y 29,4-30,9 N/Ktex, respectivamente.

En términos comparativos a la información presentada previamente, se destaca, en general y para las propiedades textiles evaluadas, que la lana producida por los consorciados del CRILU lograron altos estándares de calidad y pueden ser consideradas como fibras textiles de alto valor (Mueller et al., 2013; Nolan, 2014), que permitiría un eficiente proceso industrial, y productos finales de elevada calidad.

En un contexto de mejora continua, los niveles de calidad identificados de estas lanas CRILU permiten establecer una línea de base para evaluar el impacto a futuro de la implementación de diferentes medidas de intervención de mejora, así como la posibilidad explorar oportunidades de aumento del valor agregado. Ello tiene claros beneficios en la mejora de la competitividad de la cadena textil-lanera nacional, principalmente cuando esta está orientada a la exportación en mercados altamente competitivos y exigentes.

2. OBJETIVOS DEL TRABAJO

Con la base de información generada durante los años 2015 y 2016 (Pérez et al., 2017), se realiza un re-análisis de esta para otros objetivos complementario e hipótesis a trabajar, en este artículo, se propone:

1. Analizar en forma comparativa las propiedades textiles de las lanas CRILU según su clasificación por el diámetro de la fibra (ultrafinas, superfinas, finas y medias).
2. Poner foco en el análisis de la información proveniente de las lanas superfinas y ultrafinas. Evaluar el grado de cumplimiento de estas de acuerdo con algunos de los estándares críticos de calidad establecidos en los mercados premium. También identificar áreas de intervención estratégica a futuro de parte de la investigación nacional para levantar las potenciales restricciones que se puedan detectar.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó la base de información generada en los años 2015 y 2016, donde participaron 37 y 40 establecimientos del CRILU, que representaron una producción total de 209.870 y 268.330 kg de lana, y se muestrearon 1143 fardos (integrados en 171 lotes) y 1476 fardos (integrados en 183 lotes), respectivamente. En 365 días de crecimiento de la lana, las condiciones climáticas prevalentes fueron: precipitaciones de 1178 y 1672 mm y temperaturas medias diarias de 18.4 y 17.2 °C para los años 2015 y 2016, respectivamente (Pérez et al., 2017).

El procedimiento instrumentado de muestreo en los establecimientos fue de doble muestreo de la lana vellón dentro de cada año y según el momento de esquila siguiendo las regulaciones y procedimiento recomendados Pérez et al. (2017), contando con el apoyo de representantes acreditados del Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU). La lana fue cosechada por empresas de esquila acreditadas «grifa verde», cumpliendo con lo establecido en las normas para el acondicionamiento de lanas del Secretariado Uruguayo de la Lana (SUL, 2004).

Las muestras una vez extraídas e identificadas fueron enviadas por los representantes acreditados al Laboratorio de textiles, lana bruta, tops y cueros del LATU, el cual está acreditado para aplicar los métodos aplicados según la Norma ISO 17025 por UKAS del Reino Unido, y licenciado por la IWTO. Posteriormente en el laboratorio, las muestras de caladuras de los fardos fueron procesadas de acuerdo con los métodos y procedimientos descritos en detalle en el artículo de Pérez et al. (2017). Para la determinación de la resistencia y largo de mecha y proporción de mechales que rompen en punta, medio y base de la mecha se obtuvieron 60 mechales individuales que fueron acondicionadas y enviadas al Laboratorio de fibras textiles del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Bariloche (Argentina), de acuerdo con el procedimiento descrito por Bonner et al. (2017). En general, las descripciones de las metodologías empleadas y referencias utilizadas fueron documentadas en detalle por Pérez et al. (2017).

4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las muestras de lana de ambos años (2015 y 2016) y de las diferentes categorías de ovinos utilizadas (borregos/as, capones y ovejas) fueron categorizadas en 4 grupos según el diámetro promedio de la fibra medido por Laserscan:

- Lanas ultrafinas ($\leq 16,4 \mu\text{m}$),
- Lanas superfinas (16,5-18,4 μm),
- Lanas finas (18,5-20,4 μm), y
- Lanas medias (20,5-22,5 μm).

Se empleó un modelo estadístico no paramétrico de Kruskal-Wallis (KW; Kruskal y Wallis, 1952) para determinar la existencia de diferencias estadísticas entre las medianas de los cuatro grupos considerados. En segundo lugar, se empleó el modelo estadístico de Jonckheere-Terpstra (JT; Jonckheere, 1954; Terpstra, 1952) para determinar si es posible, además de las diferencias entre los tipos de lana, constatar la existencia de tendencias claras (monótonas) entre las medianas. Ambos métodos se pueden aplicar a datos con distribuciones irregulares no

normales, lo que es común en características como las analizadas en la lana. En el caso específico del presente experimento, el método JT colabora de forma más potente que el método de KW al evaluar el efecto sobre las variables evaluadas al pasar de un tipo de lana a otro, siguiendo un patrón determinado de reducción del diámetro de la fibra (ej.: Media > Fina > Superfina > Ultrafina). Este es particularmente aplicable cuando existe la presunción de una tendencia esperada en las variables para los diferentes tipos de lana (ej. en el diámetro de la fibra). Ambas pruebas se llevaron a cabo con un nivel de significación del 5% ($P < 0,05$). Posteriormente, para determinar qué grupos de tipos de lana presentaron diferencias estadísticas entre sí para las diferentes características de la lana evaluadas, se empleó el estadístico de Nemenyi–Damico–Wolfe (NDW; Nemenyi, 1963) y se utilizaron letras diferentes para señalar tipos de lana con medianas significativamente diferentes ($P < 0,05$). En última instancia, se cal-

cularon los coeficientes de correlación lineal de Pearson para determinar asociaciones entre variables que se puedan explicar por la variabilidad de diámetro de la fibra medido por Laserscan. Todos los procedimientos estadísticos fueron realizados en R (R Core Team, 2024; R Core Team, 2024).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. La base de la información y su significancia a nivel nacional en términos cualitativos y cuantitativos

Se contó con un total de 354 observaciones distribuidas en cuatro categorías de tipos de lana: media ($n=15$; 4,2%), fina ($n=97$; 27,4%), superfina ($n=177$; 50%) y ultrafina ($n=65$; 18,4%) (Cuadro 6 y Figura 1). Se puede constatar que los datos no estaban

Cuadro 6. Número de muestras y proporciones (entre paréntesis) según la categoría ovina y el tipo de lana de los predios CRILU.

Categorías	Media	Fina	Superfina	Ultrafina	Total
Borrego	0 (0%)	1 (1%)	44 (43%)	58 (56%)	103 (100%)
Capón	3 (4%)	27 (33%)	50 (61%)	2 (2%)	82 (100%)
Oveja	12 (7%)	69 (41%)	83 (49%)	5 (3%)	169 (100%)
Total	15 (4%)	97 (27%)	177 (51%)	65 (18%)	354 (100%)

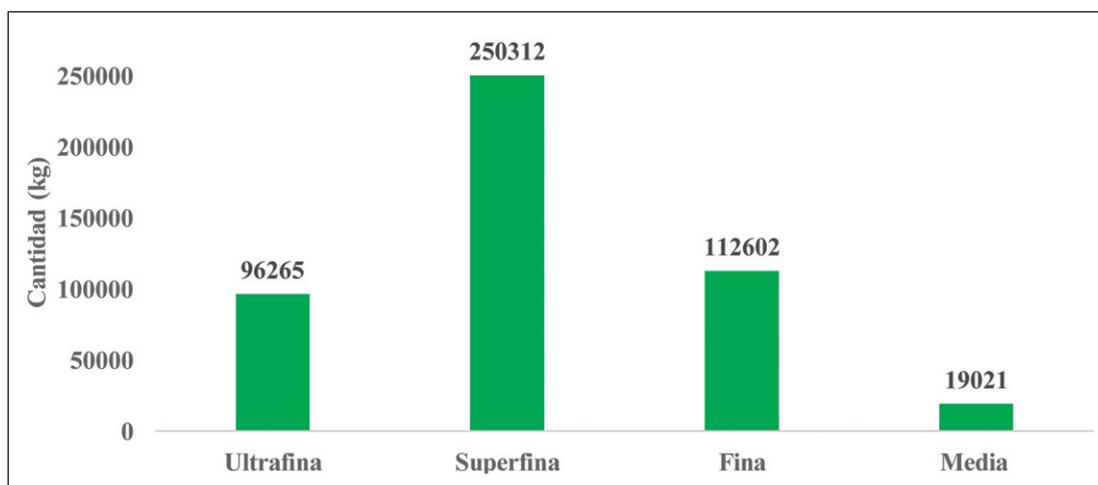


Figura 1. Cantidad (kg) muestreada según tipo de lana en los predios de los consorciados (años 2015 y 2016).

balanceados por categoría, donde la mayor información proviene de animales adultos (71%; ovejas y capones) y menor proporción de borregos/as (29%).

El afinamiento de las lanas estuvo asociado principalmente por la mayor contribución de lanas provenientes de la categoría borregos/as, donde estas representaban el 25% y 89% de las categorías superfinas y ultrafinas, respectivamente.

Las proporciones estimadas por Cardellino et al. (2025) de lanas Merino medias, finas, superfinas y ultrafinas del Uruguay para los años 2015 (6.500.000 kilos) y 2019 (7.500.000 kilos) fueron en promedio del orden de 70, 20, 10 y 1% del total, respectivamente.

En forma comparativas, estos resultados del CRILU I demuestran la clara orientación hacia el afinamiento dentro del Merino de los productores consorciados, donde la proporción de la producción de lanas superfinas y ultrafinas fue superior (72%) al de Uruguay (11%).

Se destaca también la importante contribución del Consorcio en volumen nacional en este tipo de lanas de alto valor, ya que

el informe de Cardellino et al. (2025) estima que a nivel país en el año 2019 se producían 800.000 y 71.000 kilos de lanas superfinas y ultrafinas respectivamente. En este contexto, las lanas CRILU I al menos contribuyeron anualmente con 125.156 de lanas superfinas (16% a nivel país) y 48.133 kilos de lanas ultrafinas (68% a nivel país), respectivamente.

5.2. Las propiedades textiles de las lanas (base sucia) del CRILU según el tipo de lana (medias, finas, superfinas y ultrafinas)

En el Cuadro 7 se presenta la estadística descriptiva de las variables estudiadas. Estas fueron: diámetro promedio de la fibra (DF) medido por Laserscan (DFL; μm), coeficiente de variación del DF medido por Laserscan (CVDFL; %), material vegetal (MV; %), rendimiento al peinado (RP; %), luminosidad (L), amarillamiento (A), largo de mecha (LM; mm), resistencia a la tracción (RT; N/Ktex) y punto de rotura de la mecha en la punta (PRP; %), al medio (PRM; %) y en la base (PRB; %).

El análisis descriptivo de las variables estudiadas muestra que el diámetro de fibra

Cuadro 7. Estadística descriptiva de las variables estudiadas.

Característica	Número de observaciones	Promedio	Mediana	Desvío	RIQ*
DFL (μm)	354	17,87	17,80	1,55	2,08
CVDFL (%)	354	20,42	20,40	1,39	1,30
MV (%)	354	0,46	0,40	0,19	0,30
RP (%)	354	77,87	77,85	2,17	3,00
Luminosidad	354	69,70	69,80	2,54	3,40
Amarillamiento	354	9,50	9,40	0,81	0,90
LM (mm)	354	88,66	88,60	6,97	8,98
RM (N/Ktex)	354	34,96	34,90	5,11	7,25
PRP (%)	354	41,46	40,50	21,15	37,00
PRM (%)	354	48,40	47,00	15,45	22,75
PRB (%)	354	10,14	6,00	11,41	14,00

Nota: Diámetro de la fibra (DF) medido por Laserscan (DFL; μm), coeficiente de variación del DF medido por Laserscan (CVDFL; %), material vegetal (MV; %), rendimiento al peine (RP; %), largo de mecha (LM; mm), resistencia a la tracción de la mecha (RT; N/Ktex) y punto de rotura de la mecha en la punta (PRP; %), al medio (PRM; %) y en la base (PRB; %). *Rango intercuartílico (RQI), que representa la amplitud del intervalo donde se encuentran el 50% central de los datos de cada variable.

medido por Laserscan (DFL) presentó valores promedio de 17,87 μm (respectivamente), con una mediana prácticamente idéntica (17,8 μm). Esto sugiere una distribución simétrica en los datos de diámetro de fibra, con una variabilidad relativamente baja, evidenciada por desvíos estándar de 1,46 y 1,55 μm . El CVDFL muestra un valor promedio de 20,4 %, con un rango intercuartílico (RIQ) de 1,3, lo que indica una dispersión relativamente moderada en la variabilidad de la fibra. En cuanto al MV), el promedio es bajo (0,46 %), lo que sugiere una buena calidad de la lana en términos de limpieza, con poca contaminación por residuos vegetales. El RP tuvo un valor medio del 77,8%, con una mediana similar (77,85 %), lo que indica una elevada recuperación de fibra limpia tras el proceso al peinado. En cuanto a las propiedades ópticas, la luminosidad muestra un promedio de 69,7, mientras que el amarillamiento fue de 9,50, con cierta variabilidad reflejada en sus respectivos desvíos estándar (2,17 y 2,54). El LM presenta un promedio de 88,7 mm y una dispersión considerable (desvío estándar de 6,97), lo que indica variabilidad en la longitud de las fibras. La RT tuvo un valor medio de 34,9 N/Ktex, con un rango intercuartílico de 7,25, lo que sugiere cierta heterogeneidad en la resistencia de la lana analizada. En cuanto a los puntos de rotura de la mecha, se observa que el porcentaje de rotura en la punta (PRP) fue del 41,5 %, mientras que en el medio (PRM) y en la base (PRB) los valores fueron de 47,0 % y 10,1 %, respectivamente. Estos resultados indican que la mayoría de las fallas en resistencia a la tracción ocurren en la zona media y en la punta de la fibra, lo que puede ser relevante para la selección de lotes destinados a aplicaciones específicas en la industria textil.

Como parte del proceso de análisis estadístico que se realizará a continuación, se destaca que el estadístico RIQ muestra que los niveles reportados de variabilidad son bajos para variables como DFL, CVDFL, MV, amarillamiento, y medianos para otras como rendimiento, luminosidad, y resistencia a la tracción, y siendo altos para largo de mecha, y especialmente para los puntos de rotura de la mecha. Esta información refuerza la presunción de distribuciones no normales

de algunas de las variables en las cuales se trabajó, y la necesidad del uso de modelos no paramétricos como los que se emplearon para su análisis estadístico. En el Cuadro 8 se presentada el análisis estadístico de la categorización de los diferentes tipos de lanas propuesto (ultrafinas, superfinas, finas, y medias) y su efecto sobre las diferentes propiedades de la calidad estudiadas en este trabajo experimental en las lanas en sucio.

El Cuadro 8 muestra el efecto del tipo de lana sobre diversas características de calidad estudiadas, destacando las diferencias significativas observadas entre los distintos grupos de finura: media, fina, superfina y ultrafina. Con la excepción del RP, los 4 tipos de lanas caracterizados afectaron significativamente los valores de las otras 10 características de la lana evaluadas. El uso combinado de los métodos estadísticos de Kruskal-Wallis (KW) y Jonckheere-Terpstra (JT) en este ensayo experimental aportaron varias ventajas metodológicas, confirmado las diferencias globales (KW) de los diferentes tipos de lanas, así con la detección de tendencias observadas (JT) que siguen una tendencia ordenada de evolución en algunas de las características de la lana a medida que estas se afina. Esto permite una interpretación estadística con mayor robustez, minimizando el riesgo de interpretar falsamente diferencias aleatorias como si fueran patrones sistemáticos.

Como era de esperarse, el DFL disminuye significativamente a medida que la lana es más fina, con valores medianos de 21,1 μm en lanas medias, 19,4 μm en finas, 17,6 μm en superfinas y 15,7 μm en ultrafinas ($P < 0,001$). Esta tendencia confirma la clasificación esperada de las lanas según su finura.

El CVDFL también muestra diferencias significativas, en general, con valores ligeramente menores en las lanas más finas, particularmente cuando se comparan con los extremos (lanas medias vs. lanas ultrafinas), lo que indica una menor heterogeneidad en el diámetro de las fibras dentro de las categorías más finas y los rangos estudiados. A medida que se seleccionan animales para producir lanas más finas, también se tiende a reducir la variabilidad del diámetro de la

Cuadro 8. Efecto del tipo de lana sobre las características de calidad estudiadas. Se presentan el valor de la mediana para cada característica y su rango RQI entre paréntesis.

Característica	Media	Fina	Superfina	Ultrafina	KW	JT
Número	15	97	177	65	Valor P	Valor P
DFL (µm)	21,1 (0,7) a	19,4 (0,9) b	17,6 (0,9) c	15,7 (0,7) d	<0,001	<0,001
CVDFL (%)	21,3 (1,15) a	20,6 (1,3) ab	20,1 (1,5) c	20,6 (1,2) bc	<0,001	0,005
MV (%)	0,4 (0,05) ab	0,4 (0,2) a	0,4 (0,3) ab	0,5 (0,3) b	0,009	0,001
RP (%)	77,2 (3,25)	77,6 (3,1)	78,2 (3,2)	78,1 (2,9)	0,133	0,094
Luminosidad	69,5 (4,15) b	69,1 (2,8) b	70,2 (3,6) a	70,2 (3,8) a	0,043	0,009
Amarillamiento	10,2 (0,7) a	9,8 (0,8) a	9,4 (0,9) b	9,0 (0,8) c	<0,001	<0,001
LM (mm)	86,3 (5,7) a	89,6 (8,0) a	89,7 (9,1) a	85,4 (8,7) b	<0,001	0,011
RM (N/Ktex)	39,3 (5,2) ab	37,2 (7,4) a	34,5 (6,2) b	31,1 (6,3) c	<0,001	<0,001
PRP (%)	61,0 (21,5) a	51,0 (30,0) ab	40,0 (38,0) b	28,0 (25,0) c	<0,001	<0,001
PRM (%)	34,0 (20,0) a	44,0 (20,0) ab	47,0 (22,0) b	59,0 (13,0) c	<0,001	<0,001
PRB (%)	2,0 (5,0) c	5,0 (10,0) ab	6,0 (16,0) ab	10,0 (14,0) a	0,037	0,006

Nota: Letras diferentes entre columnas (a, b, c, y d) para las diferentes características estudiadas representan diferencias estadísticas (P<0.05). JT=Estadístico de Jonckheere-Terpstra (Jonckheere, 1954; Terpstra, 1952) y KW = Modelo estadístico no paramétrico de Kruskal-Wallis (Kruskal & Wallis, 1952).

fibra. Esto ocurre porque la presión de selección favorece fibras más homogéneas en el diámetro dentro del vellón. En contraste, en su revisión de la literatura, Safari et al. (2005, 2007) encontraron una asociación fenotípica y genotípica negativa entre el DF y el CVDFL.

En cuanto a la presencia MV, se observa que las lanas ultrafinas presentan un valor superior (0,5 %) en comparación con los valores de las otras categorías (0,4 % en media, fina y superfina. La presencia de un alto % MV en lana sucia eleva los costos de procesamiento en la industria textil (Nolan, 2014). Independientemente de la finura considerada, los niveles de MV se ubicaron en valores promedio muy inferiores al 1%, ubicándose en los valores recomendados de Australia premium de 0-1% de MV, resultando que la totalidad de la lana cosechada en los establecimientos CRILU I no estaría sujeta a descuentos por contenido vegetal. A pesar de la alta diversidad de especies y estructuras herbáceas de las comunidades vegetales desarrolladas sobre suelos de Basalto (Berretta, 1998), el momento de la esquila pre-parto de las ovejas (fines de invierno) y de los capones en primavera -en

general previo a la semillazón de especies contaminantes (ej. flechillas)-, así como tipo de cosecha y acondicionamiento de la lana bajo los sistemas de certificación de «grifas» (SUL, 2014), estarían favoreciendo esta ventajas comparativas y competitivas del bajo contenido de material vegetal en estas lanas Merino del CRILU I. El mayor valor de MV de las lanas ultrafinas detectado puede estar ligado a que la mayoría (>89%) de estas lanas provienen de la categoría borregos/as (Pérez et al., 2017), los cuales son esquilados normalmente ya entrada la primavera y/o que estos animales no se esquilan previamente como corderos, lo cual pueden aumentar la probabilidad de incremento del contenido de MV en los vellones de esta categoría. De cualquier manera, estas diferencias no tienen significación del punto de vista comercial.

El RP no presenta diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de lana estudiados, con valores que oscilan entre 77,2 % y 78,2 %, lo que indica que la finura de la fibra no afecta considerablemente esta característica. El RP depende principalmente de la cantidad de impurezas presentes en la lana, como grasas, cera, minerales, ma-

terial vegetal, etc. En un proceso acelerado de afinamiento en Nueva Zelanda con un núcleo genético de Merino para la producción de lanas ultrafinas, Wuliji et al. (2001) no encontraron correlaciones fenotípicas y genotípicas significativas entre el DF y RP. Aunque las lanas más finas tienden a tener un menor contenido de grasas en términos absolutos, su mayor densidad folicular hace que la producción de grasa por unidad de superficie de piel se mantenga relativamente constante (Wuliji et al., 2001). Por lo tanto, la diferencia en el diámetro de la fibra no siempre implica una diferencia significativa en el RP. De hecho, el RP está influenciado por factores ambientales como la alimentación, el manejo y las condiciones climáticas, más que por la finura de las lanas Merino (Botha y Hunter 2010; McGregor et al., 2016).

Las características de color muestran diferencias importantes entre los diferentes tipos de lanas. La luminosidad aumenta a medida que la lana es más fina, alcanzando valores más altos en la categoría ultrafina (70,3), lo que sugiere una mejor blancura en estas lanas. El amarillamiento, por otro lado, es mayor en las lanas medias y finas (10,2 y 9,8, respectivamente) y menor en las lanas ultrafinas (9,0). Estos resultados están en concordancia con datos publicados por otros trabajos científicos (Wuliji et al., 2001; Wangand y Mahar, 2008; Fleet et al., 2009; Hatcher et al., 2010), que reportan correlaciones fenotípicas y/o genotípicas negativas entre el FD y el color de las lanas, donde los procesos de afinamiento van asociados con la producción de lanas más brillantes y/o más blancas. Otro elemento adicional para considerar en la fabricación de prendas de alta calidad es que estas sean libres de fibras coloreadas y pigmentadas, ya sean estas de origen animal o ambiental (Fauls et al., 1984; Fleet et al., 1995; SARDI, 2000). Estas fibras pueden ser producidas por los animales (origen genético), o pueden ser adquiridas en los procesos de cosecha y/o acondicionamiento de la lana (origen ambiental). En este sentido, para este tipo de lanas en Uruguay se han reportado excelentes valores (<50 fibras coloreadas/kg de top; De Barbieri et al., 2014).

El LM muestra una ligera variabilidad entre los tipos de lana, con valores más altos

en lanas finas y superfinas (89,6 y 89,7 mm, respectivamente), mientras que las lanas ultrafinas presentan un menor valor (85,4 mm), lo que podría estar asociado a diferencias en el crecimiento del vellón en animales de distintas líneas genéticas. La selección genética para lanas más finas ha mostrado una correlación negativa con la longitud de mecha en varias poblaciones de ovinos. La energía utilizada para mantener un gran número de fibras finas limita la longitud de cada una de ellas (Adams et al., 2003). Ramos et al. (2025) en el Núcleo Genético Ultrafino del CRILU I encontró correlaciones genéticas y fenotípicas positivas y moderadas entre el DF y el LM. Similares tendencias a nivel internacional fueron reportadas por otros autores (Safari et al., 2005; Huisman et al., 2009). El LM incide fuertemente en longitud media de fibras en la lana peinada (altura media del top o Hauteur). Elvira (2005) indica que largos de mecha menores a los 75 mm pueden ser considerados regulares, buenos entre 75 y 80 mm, muy buenos entre 80 y 85 mm, e excelentes en aquellas mayores a 85 mm. En tanto, para lanas ultrafinas a finas se encontró poco efecto en la variación del precio cuando el largo estuvo entre 70 y 100 mm, registrándose descuentos en el precio por valores por debajo y por encima de ese rango (Nolan, 2014).

En cuanto a la RT, esta disminuye significativamente a medida que la lana es más fina, pasando de 39,3 N/Ktex en lanas medias a 31,1 N/Ktex en las ultrafinas. En el tipo de lanas ultrafinas, los valores promedio de este trabajo fueron ampliamente superiores (31,1 vs 23,4 N/Ktex) a los reportados por Wuliji et al. (1999) para el núcleo genético ultrafino de la Isla Sur de Nueva Zelanda. Esto indica que, aunque las lanas más finas tienen ventajas en suavidad y calidad textil, pueden ser más frágiles y requerir consideraciones adicionales en los procesos industriales. Varios autores (Wuliji et al., 2001; Safari et al., 2005; Swan et al., 2008; Huisman y Brown, 2009; Hatcher et al., 2014) establecieron correlaciones fenotípicas y genéticas moderadas a fuertes y defavorables entre el FD y la RM. Esta información demuestra que los programas de mejora genética que seleccionan animales específicamente para

reducir su diámetro de la fibra tendrán un efecto negativo en la resistencia de la fibra, a menos que ésta se incluya en el objetivo de selección. Existe una fuerte correlación fenotípica y genética negativa entre la resistencia de la fibra y el CV del diámetro de la fibra, lo cual tiene implicancias que indican que el CVDF puede utilizarse eficazmente como criterio de selección para la resistencia de la fibra. En la población Merino evaluada en Uruguay se ha establecido que el coeficiente de variación del diámetro de la fibra posee una correlación genética de $-0,82 \pm 0,08$ con la resistencia a la tracción (Ciappesoni et al., 2008). Similares tendencias fueron reportadas por Safari et al. (2005). Por lo tanto, el coeficiente de variación del diámetro es una alternativa para la selección genética indirecta a la mejora de la resistencia a la tracción, incluso cuando también se selecciona por descenso del diámetro de la fibra (correlación genética desfavorable con resistencia). Esta es una solución más ventajosa en su aplicación a los planes de mejora porque la medición del CVDF es mucho menos costosa que la medición de la resistencia de la fibra con equipos más sofisticados y de alto valor (ej. uso del equipamiento «ATLAS»).

El diámetro de la fibra y la resistencia a la tracción son dos variables que pueden ser muy afectadas por la nutrición, la genética, el manejo y la sanidad de los animales (McGregor et al., 2016). Una inadecuada o insuficiente sanidad, nutrición o manejo pueden disminuir el diámetro de la fibra y, paralelamente, la resistencia a la tracción. En condiciones de pastoreo con variaciones en la alimentación de las recrias de ovinos en Australia, Brown y Crook (2005) encontraron que la longitud de la fibra se correlacionó positivamente con la variación del diámetro de la fibra a lo largo de la fibra y negativamente con la variación del diámetro de la fibra entre fibras. Además, estos autores señalaron que la variación estacional del crecimiento de la longitud de la fibra, del diámetro de la fibra y de la relación entre longitud y diámetro a lo largo del año, se asoció con una mayor variación del diámetro de la fibra a lo largo del perfil del diámetro de la fibra y con una menor resistencia de la fibra. Se destaca que la gran mayoría de las lanas ultrafinas fueron

producidas por la categoría borregos/as (Pérez et al., 2017) en el CRILU I. En Uruguay, durante el período de crecimiento del vellón de borregos/as la categoría está expuesta a restricciones alimentarias y nutricionales, durante el primer verano de vida como corderos y posteriormente durante el período de recría post destete asociado ello con problemas estacionales de calidad en el forraje consumido (Montossi et al., 2000; Ramos et al. 2018) y de alto desafío parasitario (Goldberg et al., 2011; Ramos et al., 2018). A esto se suma un contexto de alta resistencia de los parásitos gastrointestinales a las principales drogas antihelmínticas que se usan en ovinos en Uruguay (Mederos et al., 2003). Posteriormente durante la recría de los borregos/as en el invierno se presentan problemas de baja disponibilidad de forraje asociado al escaso crecimiento que se observa en esta estación en el campo natural (Berreta, 1998) afectando negativamente el consumo y el crecimiento animal (Montossi et al., 2020). La sumatoria de estas restricciones que afectan a las recrias ovinas se presentan previo a la esquila de primavera, la cual ocurre normalmente en esta estación en borregas/as Merino en la ganadería extensiva del Basalto. Esto es particularmente más importante si este vellón de borrego/a incluye el crecimiento de lana de cordero, en el caso que este no fuera esquilado durante el verano y que se suma a la lana del borrego/a completando prácticamente un vellón de un año de crecimiento. En estas condiciones, los cambios bruscos en el perfil del diámetro y en particular en los puntos de la fibra con diámetros menores a lo largo de la misma no serían deseables, ya que podrían promover que el lugar de rotura estuviera en el medio de la mecha (Sacchero y Mueller, 2007; McGregor et al., 2016). Thompson y Hynd (1998) en un trabajo de estudio de interacción genotipo por ambiente sobre la RT usando borregos Merino, concluyen que los mecanismos responsables de las diferencias nutricionales y genéticas en la RT no son los mismos. La nutrición influye en el RT afectando las variaciones de diámetro a lo largo de las fibras, mientras que las diferencias genéticas en el RT son atribuibles en gran medida a las variaciones de diámetro entre las fibras.

Los puntos de rotura de la mecha también presentan diferencias importantes entre tipos de lanas. Las lanas más finas tienen una mayor proporción de PRB, con un 10,0 % en lanas ultrafinas frente al 2,5 % en lanas medias. Esto puede reflejar una menor resistencia estructural en las fibras más finas. En contraste, las lanas ultrafinas presentan una menor proporción PRP, con un 59,0 %, mientras que las lanas más gruesas tienen valores más altos (61,0 % en lanas medias y 51,0 % en lanas finas). La posición de la rotura de la mecha influye en la longitud media de fibras al cardado y peinado (hauteur) y en el porcentaje obtenido de subproductos blousse o noils (fracciones de fibras cortas que no se mantienen en la cinta de carda o en los tops). A una misma RT, cuando las roturas se producen mayoritariamente en la punta o en la base, se producirán tops con longitudes medias de fibra mayores que cuando las roturas se producen mayoritariamente en el medio de la mecha. La industria topista prefiere lanas con porcentajes bajos a medios de roturas en el medio de la fibra. Este sería un problema mayor en las lanas ultrafinas en comparación al resto de tipo de lanas analizado del CRILU I, sometien-

do potencialmente a estas lanas a mayores descuentos en el precio obtenido (Nolan, 2014).

A partir de los resultados encontrados dentro del estrato de lanas ultrafinas del CRILU, se puso el foco en el análisis dentro de este tipo de lanas, utilizando las 65 muestras del mismo, repartidas en intervalos de 0,5 μm , generando así 4 grupo (14,5-15,0; 15,0-15,5; 15,5-16,0 y 16,0-16,5 μm) (Cuadro 9).

A partir de los resultados del Cuadro 9, que destaca que se obtuvieron relativamente valores similares entre los 4 grupos para las variables RP, CVDFL, MV, luminosidad y amarillamiento. Sin embargo, se observa que, en general, el LM (80,3 mm en 14,5-15,0 μm ; 84,9 mm en 15,0-15,5 μm ; 86,0 mm en 15,5-16,0 μm ; 87,4 mm en 16,0-16,5 μm) y la RT 30,0 N/Ktex en 14,5-15,0 y 15,0-15,5 μm ; 31,7 N/Ktex en 15,5-16,0 μm ; 32,4 N/Ktex en 16,0-16,5 μm) se reducen a medida que el diámetro de fibra disminuye. También se observa que la proporción de fibras con rotura a la tracción en el PRM disminuye en los diámetros mayores dentro del estrato de las ultrafinas estudiado. Estas tendencias observadas para LM, RT y PR de la mecha dentro de grupo de lanas ultrafinas, están en

Cuadro 9. Información de las características de calidad estudiadas en 4 grupos generados por intervalos de 0,5 μm dentro del estrato de lanas ultrafinas.

Característica/Rango de μm dentro de lanas ultrafinas del CRILU	14,5-15,0 μm	15,0-15,5 μm	15,5-16,0 μm	16,0-16,5 μm
Número	6,0	17,0	26,0	16,0
DFL (μm)	14,9	15,3	15,8	16,3
CVDFL (%)	20,5	20,4	20,5	20,8
MV (%)	0,7	0,5	0,6	0,5
RP (%)	77,9	77,5	78,4	77,8
Luminosidad	70,2	70,7	69,9	69,6
Amarillamiento	8,9	9,1	8,9	8,9
LM (mm)	80,3	84,9	86,0	87,4
RM (N/Ktex)	30,0	30,0	31,7	32,4
PRP (%)	22,3	27,1	33,8	27,1
PRM (%)	64,2	59,4	55,7	58,7
PRB (%)	13,5	13,5	10,6	14,2

concordancia cuando este grupo en su totalidad se estudió en forma comparativa con los tipos de lanas superfinas, finas y medias. Esta información demuestra la necesidad de seguir generando información por parte de la investigación para comprender relaciones de causa-efecto en términos de la influencia de los factores genéticos y ambientales (y su interacción) sobre la expresión de estos atributos de calidad. Estos son de alta relevancia para determinar el precio de estas lanas de altísimo valor en nuestras condiciones productivas, así como en el desarrollo de potenciales soluciones tecnológicas y/o de incentivos de promoción y/o comerciales.

5.3. El grado de cumplimiento de calidad de las lanas CRILU para la provisión de mercados diferenciados de alto valor

Finalmente, en el Cuadro 10, más allá del efecto del factor determinante del diámetro de la fibra en el precio final de la lana, utilizando los umbrales y rangos recomendados en Australia para algunas de las características claves que determinan premios y descuentos en los precios de las lanas Merino de alta calidad (MECARDO, 2024), se analiza dentro de cada uno de los 4 estratos de tipo de lana del CRILU el nivel de grado de cum-

Cuadro 10. Grado de cumplimiento (%) de las lanas CRILU según el tipo de lana (medias, finas, superfinas y ultrafinas) de los estándares de algunas de las características (largo de mecha, material vegetal, resistencia a la tracción y la combinación de estos tres) que están incidiendo en forma importante en los premios y descuentos que se obtienen en los precios de lanas Merino en el mercado de alto valor de Australia.

Características determinantes de premios y descuentos en el precio de las lanas Merino	Media	Fina	Superfina	Ultrafina
Largo de Mecha (70 a 95 mm) (1)	80%	80%	79%	95%
Material Vegetal (< 1 %) (2)	100%	100%	100%	97%
Resistencia a la tracción de la mecha (> 38 N/Ktex) (3)	53%	46%	23%	9%
Combinación de 1+2+3	47%	39%	21%	8%

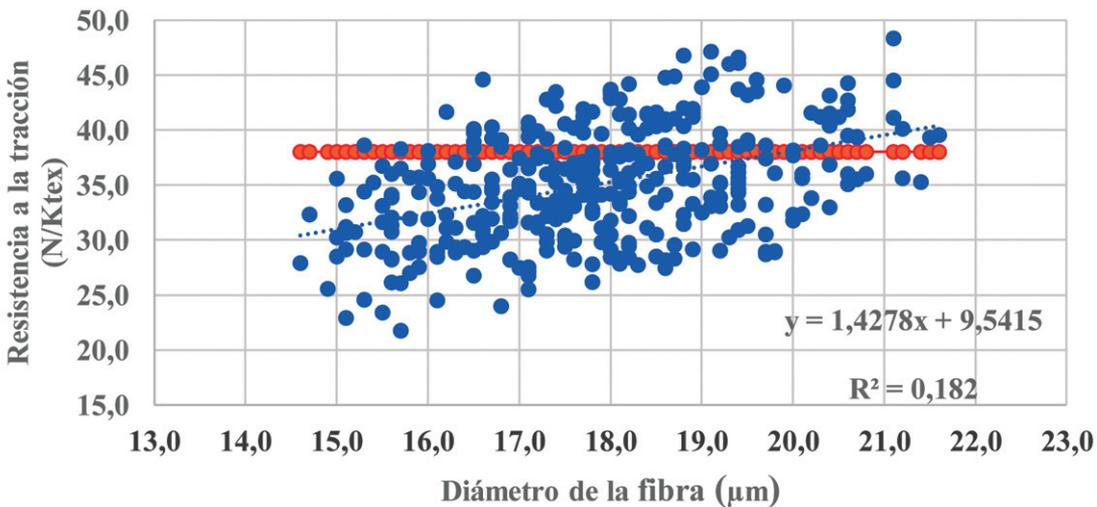


Figura 2. Asociación entre el diámetro de la fibra y la resistencia a la tracción de la mecha en las lanas CRILU I. La línea naranja representa el umbral de resistencia utilizado de 38 N/Ktex.

plimiento (%) de estos estándares. También se adjunta la Figura 2, donde se presenta la asociación entre el diámetro de la fibra y la resistencia a la tracción.

A continuación, se analizan los resultados obtenidos en el Cuadro 10 de acuerdo con los criterios utilizados:

(1) Largo de Mecha (70-95 mm)

- El grado de cumplimiento de esta característica es alto en todos los grupos, oscilando entre 79% y 95%.
- Se observa que las lanas ultrafinas presentan el mayor grado de cumplimiento (95%), lo cual es un resultado positivo, ya que un largo de mecha adecuado facilita su procesamiento industrial y mejora su valor comercial.
- Las lanas superfinas tienen un cumplimiento levemente menor (79%).
- Los valores fuera del rango en los 4 grupos se presentaron fundamentalmente por la presencia de valores superiores a 95 mm, lo que demuestra que el desafío en la búsqueda de lana premium está dado por el exceso de largo de la mecha y no porque esta sea corta, inclusive en las lanas superfinas y ultrafinas del CRILU I.
- Los descuentos al precio de las lanas por no ubicarse en el rango recomendado de longitud de la mecha varían de acuerdo con el diámetro de la fibra, aumentado en los últimos años y en particular para las lanas dentro de los rangos finos y medios del Merino (MECARDO, 2020).

(2) Material Vegetal (< 1%)

- El cumplimiento es cercano al 100% en todos los grupos, lo que refleja un excelente control del contenido de material vegetal en las lanas CRILU.
- Las lanas medias, finas y superfinas cumplen al 100% con este estándar, mientras que las lanas ultrafinas tienen un leve descenso (97%), aunque sigue siendo un valor muy alto.
- Este resultado indica que los sistemas de producción dominantes y la certificación del proceso de esquila y acondicionamiento de lana del Uruguay están minimizando la contaminación con material

vegetal, lo cual es un punto positivo para la comercialización.

- Las penalizaciones en el precio de la lana debido a la presencia de MV, varía de acuerdo, entre otros, al grado de contaminación vegetal, el diámetro y resistencia de la fibra, estación del año, y puede llegar a alcanzar valores extremos del 8% (MECARDO, 2021d).
- (3) Resistencia a la tracción de la mecha (≥ 38 N/Ktex)
- En este parámetro se observa un descenso significativo a medida que la lana se hace más fina:
 - 53% en lanas medias,
 - 46% en lanas finas,
 - 23% en lanas superfinas, y
 - Solo 9% en lanas ultrafinas
 - Este comportamiento es esperable, ya que las fibras más finas tienden a ser menos resistentes. Sin embargo, este bajo cumplimiento en lanas ultrafinas puede representar un desafío para su procesamiento, ya que una menor resistencia puede aumentar el riesgo de rotura y la obtención de tops con menores valores de hauteur durante el procesamiento textil.
 - Se encontró una correlación positiva y moderada entre el diámetro de la fibra y la resistencia a la tracción de la mecha con un coeficiente de correlación de 0,414 ($P < 0,05$). Y cuando se evaluó la predicción de la variable RT a partir del DF, la ecuación de predicción (Figura 2) fue baja ($R^2 = 0,18$; $P < 0,05$). De hecho, tomando el valor umbral de 38 N/Ktex (línea naranja de la Figura 2) se puede observar, que para un mismo diámetro se presentó una alta variabilidad en los valores de la RM, que apoya la argumentación que los factores que inciden en la expresión de esta variable es multifactorial (McGregor et al., 2016). Y destacar, que, a pesar de la situación general encontrada, existen productores consorciados del CRILU que están logrando este umbral de RT inclusive en la producción de lanas más desafiantes (ultrafinas y particularmente en lanas superfinas) en sistemas productivos ganaderos extensivos del Basalto.

- Con este umbral en consideración y tener un panorama de la incidencia de estos factores en el precio recibido por el productor lanero en Australia, la magnitud de los descuentos y premios en los precios de la lana en el mercado se profundizan a medida que se reduce la RT y el DF, por ejemplo, el impacto negativo en el precio varió en los últimos 10 años entre valores de -1,5/-6% y +3/+5% y de -3/-10% y +6/+10% para lanas de 15 y 17 μm , respectivamente (MECARD, 2024).

(4) Combinación de los tres criterios (1+2+3)

- Cuando se combinan los tres parámetros (largo de mecha, material vegetal y resistencia a la tracción), el grado de cumplimiento integrado disminuye significativamente en los grupos más finos:
 - 47% en lanas medias,
 - 39% en lanas finas,
 - 21% en lanas superfinas, y
 - Solo 8% en lanas ultrafinas.
- La baja resistencia a la tracción en las lanas más finas parece ser el principal factor limitante en el cumplimiento combinado de los estándares comerciales analizados, siendo el factor preponderante en las lanas superfinas y especialmente en las lanas ultrafinas
- Esto sugiere que, aunque las lanas ultrafinas tienen un excelente largo de mecha y bajo contenido de material vegetal, su menor resistencia compromete su competitividad dentro de los estándares exigidos en Australia en el mercado de lanas Merino de alta calidad.

En resumen, las lanas CRILU cumplen ampliamente con los estándares de largo de mecha y contenido de material vegetal, lo que es un punto fuerte en su posicionamiento comercial a nivel internacional.

Sin embargo, la resistencia a la tracción disminuye a medida que las lanas se afinan, y es el factor de calidad que representa el mayor desafío de competitividad de estas lanas Merino, y en particular en las lanas superfinas y ultrafinas de mayor valor. Este es el factor crítico asociado al bajo porcentaje de cumplimiento combinado en lanas superfinas y ultrafinas (21% y 8%), lo cual sugiere

que la mejora de la resistencia es el principal factor limitante por considerar en Uruguay para su colocación y valorización en mercados premium.

La categoría borregos/as presentó una mayor proporción de lana dentro del rango de baja resistencia, por lo cual es necesario tomar precauciones en aspectos de manejo alimenticio y nutricional (primer verano e invierno), de manejo (estrés del destete) y de salud (previo a la generación de inmunidad) para favorecer la disminución de lanas baja resistencia de esta categoría. A medida que aumente la proporción de estas lanas también en las categorías adultas como las ovejas de cría, que también están expuestas en diferentes períodos de restricciones alimenticias y de manejo, esta temática debe abordar a las mismas en una visión integral de toda la majada, y las interacciones entre la cría y la recría en el ciclo reproductivo y productivo.

Por lo tanto, la mejora de la valorización de las lanas superfinas y en particular ultrafinas del Uruguay, implicará el desarrollo e implementación de estrategias y programas de I+D+i que contemplen nuevos ajustes y propuesta en la alimentación, genética y manejo de animales y del pastoreo de ovinos que permitan aumentar la resistencia a la tracción en los procesos productivos con una visión integral contemplando que comienza en el desarrollo fetal de las futuras progenies y de la posterior alimentación en la recría y en los momentos claves de la cría.

A estos factores intrínsecos de calidad, que determinan un aumento en el valor comercial de la lana, se suma la importancia creciente de los sistemas de certificación de lanas (ej. RWS, Orgánica, Nativa) en los principales proveedores de las Merino a nivel mundial. Estos procesos de certificación también se asocian a otros factores extrínsecos de la producción. Estos sistemas, en general, además de la calidad del producto, buscan también garantizar el cumplimiento de estándares asociados al origen (trazabilidad), el bienestar animal y el cuidado del ambiente, etc., y permiten mejorar el posicionamiento y el precio de las lanas en los mercados más exigentes. Estas certificaciones, además de ser una herramienta de diferenciación, forman

parte de una visión integral para la mejora de la competitividad de los sistemas productivos y de la cadena textil-lanera en su totalidad, respondiendo a las tendencias globales de mayor sostenibilidad y de trazabilidad en la industria de la moda y el textil de alta gama. En este contexto, es de destacar que en la actualidad el 61% de los productores consorciados del CRILU están ligados a algunos de los sistemas de certificación de lanas mencionados (Montossi et al., 2025ab) marcando un liderazgo a nivel nacional. Los sistemas de certificación de lanas RWS, ZQ, SustainableWool y Authentico vienen creciendo en los principales países productores y exportadores de lanas Merino a nivel mundial (MECARDO, 2022). Los sobrepagos obtenidos por los productores australianos por estar fidelizados al sistema RWS varía de 2 al 8%, aumentando más en las lanas más finas (<19 μm) (MECARDO, 2022). En este sentido, se deben incluir otras iniciativas de la moda del uso de ropa «outdoor», deportiva de alta performance y de entrenamiento (ej. Adidas, Nike, Quechua, Katmandu, North Face, Patagonia, UNIQLO, entre otras), que también usan lanas finas, superfinas, ultrafinas), lo cual que amplía el uso de estas lanas, que van más allá de las que van a la alta moda.

6. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio confirman que la lana producida por los consorciados del CRILU posee altos estándares de calidad, permitiendo un eficiente procesamiento industrial y la producción de textiles de alto valor. La caracterización de las lanas ultrafinas, superfinas, finas y medias permitió identificar diferencias significativas en sus propiedades textiles y en su potencial comercial dentro de la industria lanera.

En primer lugar, se observó una clara orientación hacia la producción de lanas más finas dentro del CRILU, con una alta proporción de lanas superfinas y ultrafinas, representando el 72% de la producción analizada. Este resultado resalta la importancia del CRILU en la consolidación de una oferta de lanas de calidad en Uruguay, con un po-

sicionamiento competitivo en mercados internacionales que demandan fibras animales de alto valor.

Desde el punto de vista de las propiedades textiles, en un contexto determinante de la influencia del diámetro de la fibra en el valor de la lana, se observó una clara relación desfavorable entre el diámetro promedio de la fibra y la resistencia a la tracción. Si bien las lanas superfinas y ultrafinas presentaron ventajas en términos brillo y menor contenido de material vegetal, su resistencia mecánica –en particular las ultrafinas– fue menor en comparación con las lanas de mayor diámetro, lo que representa un desafío para su procesamiento textil y su comercialización en mercados exigentes y que están dispuestos a pagar precios premium por calidad. Asimismo, se identificaron diferencias en la ubicación de los puntos de rotura de la fibra, con una mayor incidencia de roturas en la zona media de la mecha en lanas ultrafinas. Esta particularidad puede comprometer los procesos de transformación textil, en particular de la calidad del hilado y aumentar los desperdicios en el proceso industrial para este tipo de lanas.

Estas evidencias demuestran la necesidad de alentar nuevas iniciativas de I+D+i que permitan mejorar las restricciones encontradas para alcanzar los valores diferenciales premium que puedan incorporar a estas lanas superfinas y en particular a las lanas ultrafinas en el Uruguay a los mercados más exigentes. En el marco de alianzas entre públicos y privados y entre los diferentes actores de la cadena-textil lanera nacional, ello implica la necesidad de contemplar acciones integrales de mejora en la alimentación/nutrición, genética y selección animal, sanidad, manejo de animales y pasturas que permitan principalmente aumentar la resistencia a la tracción de las lanas sin dejar de evaluar los efectos en otras características de interés de los mercados premium. Este esfuerzo debe considerar los procesos de cría y recría desde las etapas embrionarias hasta la vida adulta de los animales. En base a la experiencia del Proyecto Merino Fino-Fase II (Montossi et al., 2007; Otero et al., 2007), este proceso puede ser fortalecido con incentivos económicos para los productores laneros para lograr el

cumplimiento de los estándares comerciales establecidos en contratos o acuerdos.

El CRILU ha desempeñado un papel estratégico en el incremento de la producción de las lanas superfinas y ultrafinas en Uruguay, sino que también viene innovando en la adaptación y ajuste de los sistemas productivos de acuerdo con las demandas y exigencias del mercado internacional hacia nichos de alto valor. La articulación entre productores, investigadores y empresas del sector ha permitido generar innovaciones que agregan valor a la lana y mejoran la competitividad por el acceso a nichos de alto valor, como el sector textil de lujo.

Este estudio realizado en conjunto entre el LATU-CRILU-INIA-INTA proporciona una base objetiva para la toma de decisiones estratégicas en la producción y comercialización de lanas superfinas y ultrafinas con proyección país. La importancia de los resultados obtenidos para el sector, marcan la necesidad de realizar estos estudios con determinados intervalos, identificando áreas de mejora y soluciones alternativas para levantar las mismas. Las realizaciones de las Auditorías de Calidad de Carnes Bovinas y Ovinas del Uruguay a nivel de la industria cárnica son un buen ejemplo para considerar e imitar (del Campo et al., 2024) por parte del sector textil-lanero.

La consolidación del Uruguay y en particular de los sistemas ganaderos extensivos del Uruguay como referentes en la producción de lanas de alta calidad para mercados nicho de alto valor dependerá de la capacidad del sector en implementar acciones correctivas en las áreas de mejora encontradas.

Los antecedentes del Proyecto Merino Fino – Fases I (Montossi et al., 2007) y II (Otero et al., 2007) y el CRILU – Fase I (Montossi et al., 2025a), y en la actualidad la ejecución de la Fase II del Consorcio (Montossi et al., 2025b) son evidencias claras de construcción de plataformas de investigación e innovación robustas que permiten abordar estos nuevos desafíos con optimismo, sobre la base de la participación directa de todos los involucrados.

7. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a los productores consorciados del CRILU y empresas de esquila que participaron del proyecto, al Sr. Luis Moreno por su labor en la etapa de esquila y muestreo, a los técnicos, del SUL por su acompañamiento en las etapas de capacitación de las empresas y apoyo en las esquilas, y a las autoridades de CRILU, LATU e INIA por apoyar este emprendimiento. El proyecto fue financiado en forma conjunta por LATU e INIA.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, N. R., & CRONJÉ, P. B. (2003). A review of the biology linking fibre diameter with fleece weight, liveweight, and reproduction in Merino sheep. *Australian Journal of Agricultural Research*, 54(1), 1-10.
- ARYAL, J., KULASIRI, D., CARNABY, G.A., SAMARSINGHE, S. (2009). Investigating the price of the New Zealand wool clip using modelling approaches. 18th world i-max. Mods Congress. Cairns, Aust. 13–17, 727–733.
- AWTA. (2025). AWTA Analytics. [En línea]. Kensington: AWTA. [Consulta: 13 de febrero de 2025]. <https://analytics.awta.com.au/KTDS/index.php?season=2023>.
- BERRETTA, E.J. (1998). Principales características climáticas y edáficas de la región de Basalto en Uruguay. En: Berretta, E.J., ed., 1998. Seminario de actualización en tecnologías para basalto. Montevideo: INIA. (Serie Técnica, 102). pp.3-10.
- BONNER, M.; PÉREZ, V.; DE BARBIERI, I. (2017). Extracción de muestras para el ensayo de resistencia a la tracción de mechas. Montevideo (UY): INIA, 2017. (Cartilla; 80). <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8110/1/Cartilla-80.pdf>
- BOTHA, A.F., & HUNTER, L. (2010). The measurement of wool fibre properties and their effect on worsted processing performance and product quality. Part 1: the objective measurement of wool fibre properties. En: *Textile Progress*, 42(4), pp.227-339.
- BROWN, D. J., & CROOK, B. J. (2005). Environmental responsiveness of fibre diameter in grazing fine wool Merino sheep. *Australian*

- Journal of Agricultural Research*, 56(7), 673-684.
- CARDELLINO, R.; TRIFOGLIO, J.L., WOODS, A. (2025). Las repercusiones económicas de los cambios ocurridos en la producción de lanas merino (< 22.5 µm) en Uruguay. Una aproximación para su análisis. Delta Consultores. En esta publicación.
- CIAPPESONI, G., MONTOSI, F., DE BARBIERI, I., GIMENO, D. Y AGUILAR, I. (2008). Impacto de un núcleo de selección en la mejora genética de la raza Merino en Uruguay. En: SUG, 2008. Primeras Jornadas de Genética del Uruguay. Montevideo: SUG, p.236.
- COTTLE, D. J., & BAXTER, B. P. (2015). Wool metrology research and development to date. *Textile Progress*, 47(3), 163-315.
- COTTLE, D.J. (2010). World sheep and wool production. En: Cottle, D.J., ed., 2010. International sheep and wool handbook. Nottingham: Nottingham University Press. pp.1-49.
- DE BARBIERI, I., PREVE, F., MONTOSI, F., ROVIRA, F., FRUGONI, J., LEVRATTO, J., GARÍN, M. (2014). Fibras coloreadas en tops de lana superfina. En: Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del Basalto. Tacuarembó: INIA. (Serie Técnica, 217). pp. 352-354.
- DEL CAMPO, M.; SOARES DE LIMA, J.M.; BRITO, G. (2024). Cuarta auditoría de calidad de la cadena cárnica del Uruguay. Vacunos y Ovinos. Montevideo (UY): INIA, 2024. <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.268> 49 p. (INIA Serie Técnica; 268).
- DOYLE, E.K., PRESTON, J.W.V., MCGREGOR, B.A., HYND, P.I. (2021). The science behind the wool industry. The importance and value of wool production from sheep. *Anim. Front.* 11 (2), 15–23
- ELVIRA, M. (2005). Características de lana Merino e importancia en el procesamiento industrial. En: Boletín Asociación Argentina de criadores de Merino (Argentina), Año XIII (49), pp.231-238.
- ELVIRA, M. Y ALBERTOLI, S. (2009). El color de lana Merino del Chubut. En: Anuario Merino Argentina, pp.30-36.
- FLEET, M.R.; MILLINGTON, K.R.; SMITH, D.H.; GRIMSON, R.J. (2009). Association of fibre diameter with wool colour in a South Australian selection flock. Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics 18, 556–559.
- FLEET, M., FOULDS, R., POURBEIK, T., MCINNES, C., SMITH, D. Y BURBIDGE, A. (1995). Pigmentation relationships among young Merino sheep and their processed wool. En: Australian Journal of Experimental Agriculture, 35, pp. 343-351
- GIBBON, C. & NOLAN, E. (2011). The Australian wool industry: A hedonic pricing analysis of the factors affecting the price of Australian wool. Contributed Paper Prepared for presentation at the 55th Annual Conference of the Australian Agricultural and Resource Economics Society, 9-11 February, Melbourne, Victoria, Australia.
- GOLDBERG, V., CIAPPESONI, G., DE BARBIERI, I., RODRÍGUEZ, A., & MONTOSI, F. (2011). Factores no genéticos que afectan la resistencia a parásitos gastrointestinales en Merino en Uruguay. *Producción Ovina*, 21, 1-11.
- HATCHER, S., HYND, P.I., THORNBERRY, K.J. Y GABB, S. (2010). Can we breed Merino sheep with softer, whiter, more photostable wool? En: *Anim. Prod. Sci.*, 50, pp.1089–1097.
- HATCHER, S., GARDNER, G.E., GILL, S.D., LEE, S., SWAN, A.A. Y VAN DER WERF, J.H.J. (2014). A science-based approach to breeding the future Merino. En: World Federation of Merino Breeders. Proceedings of the 9th World Merino Conference. Stellenbosch: World Federation of Merino Breeders. pp.1-15.
- HEBART, M., & BRIEN, F. (2009). Genetics of wool colour in the south Australian selection demonstration. En: *Proc. Assoc. Advmt. Anim. Breed. Genet.* pp.500–503.
- HUISMAN, A. E., & BROWN, D. J. (2009). Genetic parameters for bodyweight, wool, and disease resistance and reproduction traits in Merino sheep. 4. Genetic relationships between and within wool traits. *Animal Production Science*, 49(4), 289-296.
- HOLMAN, B.W.B. Y MALAU-ADULI, A.E.O. (2012). A review of sheep wool quality traits. En: *Annual Review & Research in Biology*, 2(1), pp.1-14.
- JONCKHEERE, A. R. (1954). A Distribution-Free k-Sample Test Against Ordered Alternatives. *Biometrika*, 41(1/2), págs. 133-145. doi:<https://doi.org/10.2307/2333011>

- KRUSKAL, W. H., & WALLIS, W. A. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 47(260), págs. 583-621. <https://doi.org/10.1080/01621459.1952.10483441>
- MCGREGOR, B., DE GRAAF, S. Y HATCHER, S. (2016). On-farm factors affecting physical quality of Merino wool. 1. Nutrition, reproduction, health and management. En: *Small Rumin. Res.*, 137, pp.138–150.
- MASTERS, D.G., FERGUSON, M.B. (2019). A review of the physiological changes associated with genetic improvement in clean fleece production. *Small Rumin. Res.* 170, 62–73.
- MECARDO (2020). Prem shorn wool – an update. <https://mecardo.com.au/prem-shorn-wool-an-update/>
- MECARDO (2021a). Merino staple strength P&Ds. <https://mecardo.com.au/merino-staple-strength-pds/>
- MECARDO (2021b). Staple length in 17 micron. <https://mecardo.com.au/staple-length-in-17-micron/>
- MECARDO (2021c). Cheap staple strength and cheap staple length in tandem. <https://mecardo.com.au/cheap-staple-strength-and-cheap-staple-length-in-tandem/>
- MECARDO (2021d). VM price effect. <https://mecardo.com.au/vm-price-effect/>
- MECARDO (2022). Wool quality schemes – an international perspective. <https://mecardo.com.au/wool-quality-schemes-an-international-perspective/>.
- MECARDO (2023a). Over length wool supply in merinos. <https://mecardo.com.au/over-length-wool-supply-in-merinos/>
- MECARDO (2023c). RWS premiums for Merino fleece this year. <https://mecardo.com.au/rws-premiums-for-merino-fleece-this-year/>
- MECARDO (2023b). RWS premiums for Merino fleece this year. <https://mecardo.com.au/rws-premiums-for-merino-fleece-this-year/>
- MECARDO (2024). Merino fleece staple strength premiums and discounts. <https://mecardo.com.au/merino-fleece-staple-strength-premiums-and-discounts/>
- MONTOSSI, F.; FIGURINA, G.; SANTAMARINA, I.; BERRETTA, E.J. (2000). Selectividad animal y valor nutritivo de la dieta de ovinos y vacunos en sistemas ganaderos: teoría y práctica Montevideo (Uruguay): INIA, 2000. 84 p. (INIA Serie Técnica; 113).
- MONTOSSI, F.; DE BARBIERI, I.; CIAPPESONI, G.; DE MATTOS, D.; MEDEROS, A.; LUZARDO, S.; SOARES DE LIMA, J.M.; DE LOS CAMPOS, G.; NOLLA, M.; SAN JULIÁN, R.; GRATTAROLA, M.; PÉREZ JONES, J.; DONAGARAY, F.; FROS, A. (2007). Los productos logrados en los primeros 8 años (1998-2006) de existencia del proyecto Merino Fino del Uruguay: una visión con perspectiva histórica. En: MONTOSSI, F.; DE BARBIERI, I. (Eds.). Proyecto Merino Fino del Uruguay: una visión con perspectiva histórica. Montevideo (Uruguay): INIA, 2007. p. 17-43 (INIA Boletín de Divulgación; 90)
- MONTOSSI, F.; DE BARBIERI, I.; FERREIRA, G.; RAMOS, Z. (2025). Caracterización y evolución productiva, socioeconómica, impactos, de infraestructura y visión estratégica del CRILU – Fase I (2011 vs. 2021): La opinión de los productores consorciados. En esta publicación.
- MONTOSSI, F.; DE BARBIERI, I.; CIAPPESONI, G.; RAMOS, Z.; FERREIRA, G.; PÉREZ, J.; FROS, A.; DONAGARAY, F.; FROS, A.; TAFERNABERRY, J.C. (2025a). Diez años de innovación colaborativa: Hitos y logros del CRILU – Fase I. En esta publicación.
- MONTOSSI, F.; PÉREZ, J.; FROS, A.; FROS, A.; TAFERNABERRY, J.C.; FERREIRA, G.; TAFERNABERRY, A.; RAMOS, Z. (2025b). Del Presente al Futuro: La Transformación del CRILU en su Fase II. En esta publicación.
- MUELLER, J.P., ELVIRA, M.G., SACCHERO, D.M. (2013). Animal fibers in Argentina: production and research [En línea]. En: 64 th EAAP Annual Meeting. Nantes, Francia (25-30 de agosto de 2013). Nantes: EAAP. pp.25-30. [Consulta 25 de febrero de 2025] Disponible en: https://docs.eaap.org/2013/S43_12.pdf
- NEMENYI, P. (1963). Distribution-free Multiple Comparisons. Tesis Ph.D. Princeton University.
- NOLAN, E. (2012). The Economic value of wool attributes. Report prepared for Australian wool innovation limited. Faculty of Agriculture and environment. Univ. Syd. 1–80.
- NOLAN, E., FARREL, T., RYAN, M., GIBBON, C., AHMADI-ESFAHANI, F.Z. (2013). Valuing quality attributes of Australian Merino wool. *Aust. J. Agric. Resour. Econ.* 58, 314–335.

- NOLAN, E. (2014). The economic value of wool attributes phase 2. A report prepared for Australian Wool Innovation [En línea]. Sydney: University of Sydney. [Consulta: 15 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://www.wool.com/globalassets/start/about-awi/publications/wool-attributes.pdf>
- NZFTA. (2025). 2022-2023 Merino Profiles. Ahuriri: NZFTA. [Consulta: 13 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://wooltesting.nzfta.co.nz/wool-analysis/>
- OTERO, V.; CASARETTO, A.; GRATTAROLA, M. IX. (2007). Situación actual y perspectivas de la Fase II del Proyecto Merino Fino del Uruguay. En: MONTOSI, F.; DE BARBIERI, I. (Eds). Proyecto Merino Fino del Uruguay: una visión con perspectiva histórica. Montevideo (Uruguay): INIA, 2007. p. 123-133 (INIA Boletín de Divulgación; 90).
- PEPPER, P.M., ROSE, M.D., MILLS, D.M.D. (2000). Influence of measured characteristics on the price received for Merino wool from the Traprock area of Southern Queensland. In: Animal Production for consuming world. AAAP-. ASAP. The conference, 2nd-7th of July. Sydney. Australia.
- PÉREZ, V.; BONNER, M.; MONTOSI, F.; RAMOS, Z.; SACCHERO, D.; DE BARBIERI, I. (2017). Estudio de características vinculadas al procesamiento textil en lanas del Consorcio Regional de Innovación en Lanas Ultrafinas //Evaluation of characteristics related to textile processing in wool from the Regional Consortium of Innovation in Ultrafine Wools. INNOTECH, 2017, no. 13, p. 58-65,
- PLATERO, M. M. (2013). Caracterización de lanas finas producidas en Uruguay. Facultad de Agronomía, UDELAR, Uruguay. https://silo.uy/vufind/Record/COLIBRI_53b025a1bff0cad81e9060ce9b113229?sid=117780.
- RAMOS, Z.; DE BARBIERI, I.; VAN LIER, E.; MONTOSI, F. (2018) Body and wool growth of lambs grazing on native pastures can be improved with energy and protein supplementation. Small Ruminant Research, February 2019, volume 172, pages 92-98.
- RAMOS, Z.; GARRICK, D.; BLAIR, H.; DE BARBIERI, I.; CIAPPESONI, G.; MONTOSI, M., KENYON, P. (2025). Heredabilidades, tendencias genéticas y genes de interés para características productivas y reproductivas del Núcleo ultrafino de Glencoe. En esta publicación.
- R CORE TEAM. (2024). R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- ROWE, J.B. (2010). The Australian sheep industry - undergoing transformation. En: Anim. Prod. Sci., 50, pp.991-997.
- SACCHERO, D. Y MUELLER, J. (2007). Diferencias en el perfil de diámetro de fibras, largo de mecha y resistencia a la tracción de la lana, en ovejas de una majada. En: Revista de Investigaciones Agropecuarias, 36(2), pp.49-61.
- SAFARI, E., FOGARTY, N. M., & GILMOUR, A. R. (2005). A review of genetic parameter estimates for wool, growth, meat and reproduction traits in sheep. *Livestock production science*, 92(3), 271-289.
- SAFARI, E. FOGARTY, N.M.; GILMOUR, A.R.; ATKINS, K.D.; MORTIMER, S.I.; SWAN, A.A.; BRIEN, F.D.; GREEFF, J.C.; VAN DER WERF, J.H.J. (2007). Genetic correlations among and between wool, growth and reproduction traits in Merino sheep. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 124, 65-72.
- SARDI. (2000). Wool Contamination - Pigmented & heavily Medullated Fibres, SARDI Fact Sheet 62-10 Version 4, Malcolm Fleet, South Australian Research & Development Institute, Turretfield Research Centre. pp. 8.
- SCOTT, K.J. (1990). An analysis of premiums for staple measurement, and price differentials for length and strength properties of merino combing wool. 34th Annual Conference of the Australian Agricultural economics society. University of Queensland, Brisbane. 12th -15th February. 1-15.
- SGS. (2014). WHAT DOES STAPLE LENGTH AND STRENGTH DATA MEAN?. https://www.sgs.com/en/-/media/sgscorp/documents/corporate/technical-documents/wool-testing-info-bulletins/SGSAGRI_What-does-staple-length-and-strength-mean_14bA4EN1403.cdn.en.pdf
- SUL. (2004). Normas para el acondicionamiento de lanas [En línea]. Montevideo: SUL [Consulta: 15 de febrero de 2025]. Disponible en: <http://www.sul.org.uy/sitio/Publicaciones>
- SWAN, A. A., PURVIS, I. W., PIPER, L. R. (2008). Genetic parameters for yearling wool production, wool quality and bodyweight traits in fine wool Merino sheep. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(9), 1168-1176.

- TESTER, D. (2014). Wools of 18 microns and finer provide next-to-skin comfort. En: Deb Maxwell, ed., 2014. Concept to impact: a compilation of sheep CRC outcomes 2007-2014. Adelaide: Sheep CRC. pp.84–85.
- TERPSTRA, T. J. (1952). The asymptotic normality and consistency of kendall's test against trend, when ties are present in one ranking. *Indagationes Mathematicae*, 14(3), págs. 327- 333.
- THOMPSON, A. N., HYND, P. I. (1998). Wool growth and fibre diameter changes in young Merino sheep genetically different in staple strength and fed different levels of nutrition. *Australian Journal of Agricultural Research*, 49(5), 889-898.
- ZENDA, M., MALAN, P. J., GEYER, A. C. (2023). An analysis of the contribution of wool characteristics on price determination of Merino Wool and White Wool all combined in South Africa. *Small Ruminant Research*, 219, 106890.
- ZENDA, M., MALAN, P. J., GEYER, A. C. (2024). An analysis of the wool characteristics that determine wool price for Merino wool in South Africa. *Scientific African*, 23, e02005.
- WANG, H., MAHAR, T. (2008). Correlation analysis of fibre diameter and colour of clean wool. (Australian Wool Testing Authority Ltd: Melbourne).
- WULIJI, T., DODDS, K., LAND, J.T., ANDREWS, R. Y TURNER, P. (1999). Response to selection for ultrafine Merino sheep in New Zealand. En: *Livest. Prod. Sci.*, 58, pp.33–44.
- WULIJI, T., DODDS, K.G., LAND, J.T.J., ANDREWS, R.N., TURNER, P.R. (2001). SELECTION FOR ULTRAFINE MERINO SHEEP IN NEW ZEALAND: HERITABILITY, PHENOTYPIC AND GENETIC CORRELATIONS OF LIVE WEIGHT, FLEECE WEIGHT AND WOOL CHARACTERISTICS IN YEARLINGS. EN: *ANIM. SCI.*, 72, PP.241–250.