

Perfiles de diámetro de fibra en lanas preparto de ovejas merino. 1. Estudio comparativo de líneas genéticas

*Fiber diameter profile in wool from Merino ewes shorn pre-lambing.
1. Comparison of strains.*

Sacchero, D¹., Willems, P. y Mueller, J.P.
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Bariloche

Resumen

Con el objetivo de evaluar la variabilidad de respuesta en diámetro de fibra de distintos tipos de Merino en el noroeste de la Patagonia argentina, se analizaron características del perfil de diámetros de fibra en 498 ovejas en pastoreo pertenecientes a dos líneas genéticas (G: Superfina y Control) en dos periodos (P: Húmedo y Seco) discriminando tres edades (E: joven, adulta y vieja). Para ello se midió el diámetro de las fibras a lo largo de la mecha con un equipo OFDA2000 y se consideraron las variables Diámetro Medio de Fibras (DMF), su coeficiente de variación (CVDMF), Diámetro de Fibras Máximo (MAX), Diámetro Mínimo Inicial (Min1), Diámetro Mínimo Final (Min2), tasas inicial y final de cambio de diámetro (TCD1 y TCD2, respectivamente) y el coeficiente de variación de diámetros a lo largo de la fibra (CVAlong). Las variables DMF y MAX resultaron afectadas significativamente por P y la interacción genotipo*edad (G*E). Los diámetros fueron mayores en el periodo Húmedo ($p < 0,01$) reflejando las mejores condiciones ambientales del mismo; las interacciones mostraron que los diámetros se incrementaron con la edad en la línea Superfina pero no aumentaron en la línea Control. La ausencia de diferencias debidas a línea genética en CVDMF y CVAlong indica que los genotipos reaccionaron en el mismo sentido a las variaciones ambientales. Por otro lado, ambos coeficientes de variación resultaron afectados por la interacción E*P. La categoría Joven resultó más sensible a las condiciones del periodo Seco resultando en mayores CVDMF y CVAlong. La TCD1 resultó afectada por G y por P siendo mayores en la línea Control y en el periodo Húmedo; mientras que para TCD2 fue significativa la interacción G*P con una tasa similar entre ambas líneas genéticas en el periodo Húmedo y una tasa de disminución significativamente mayor en la línea Control que en la Superfina, en el periodo Seco. Las mejores condiciones del periodo Húmedo se tradujeron en mayores valores de diámetros de fibra y tasas de cambio de diámetro. Las diferencias en diámetros, coeficientes de variación y tasas de cambio del diámetro estuvieron relacionadas con el diámetro medio de fibra de cada línea genética. Condiciones ambientales más adversas produjeron una respuesta más variable del diámetro de fibra en las hembras de segunda esquila.

Palabras clave: perfiles de diámetro de fibra, líneas genéticas Merino, calidad de lana.

Recibido: abril de 2010

Aceptado: junio de 2010

1. Departamento de Producción Animal, INTA EEA Bariloche, C.C. 277 (8400) Bariloche, Río Negro, Argentina, Email: dsacchero@bariloche.inta.gov.ar

Summary

The characteristics of fiber diameter from 498 Merino ewes were measured to characterize the variability in fiber diameter of Merino sheep from northwestern Patagonia. Animals belonged to two strains (G: superfine and control), and they were measured during two growth periods (P: humid and dry). Three different age categories were formed (E: young, adult and old). Fiber diameter was measured along the staple using an OFDA2000 instrument. The traits considered were average fiber diameter (DMF), its coefficient of variation (CVDMF), the maximum fiber diameter (MAX), the minimum initial fiber diameter (Min1), the minimum final fiber diameter (Min2), the initial and final rates of change in fiber diameter (TCD1 and TCD2) and the coefficient of variation of diameters along the fiber (CVAAlong). DMF and MAX were significantly affected by the period and by the interaction G*E. Diameters were larger during the humid period ($p < 0.01$), which reflects better environmental conditions. The analysis of the interactions suggested that fiber diameter increased with the age in the super fine flock but not in the control flock. A lack of variability due to strain was found for CVDMF and CVAAlong, thus indicating that both strains reacted the same way to the environmental conditions. On the other hand both coefficients of variation were affected by the interaction E*P. Younger ewes were more sensitive to the dry period, yielding larger CVDMF and CVAAlong. TCD1 was affected by G and by P, being larger in the control flock and in the humid period than in their respective counterparts. The interaction G*P significantly affected TCD2. The latter variable was found to be similar for both strains during the humid period. However, during the dry period TCD2 was larger in the control flock than in the superfine flock. Better conditions of the humid period resulted in larger fiber diameters and fiber diameter change rates. The differences in diameters, coefficients of variation and rates, were related to the average fiber diameter of each strain. Adverse environmental conditions produced a more variable response of fiber diameter in ewes with second shearing.

Key words: Fiber, diameter profiles, Merino strains, wool quality.

Introducción

En las condiciones en que los ovinos pastorean campos naturales, las fluctuaciones anuales y estacionales en cantidad y calidad de forraje disponible producen variaciones en el diámetro de las fibras que componen el vellón. Aparte de la alimentación, otros factores no genéticos como el estado fisiológico, la edad, el momento de esquila y el estado sanitario, determinan el crecimiento de la lana, el diámetro medio de fibras y la resistencia a la tracción de las mechas (Hansford y Kennedy, 1998; Peterson et al., 1998; Friends y Robards, 2005).

Aunque estos factores afectan a las lanas en general (Hatcher et al., 1999), es en las lanas más finas donde adquieren mayor importancia económica, ya que las lanas finas tienen mayor valor y mayores exigencias de calidad en términos de homogeneidad de diámetros, longitud de mecha y resistencia a

la tracción. Mueller et al. (2005) han demostrado que es posible producir lanas muy finas y de calidad tomando algunas precauciones, como por ejemplo esquilando en el momento de mayor estrés. Sacchero y Mueller (2007) observaron que, en esas lanas de esquila preparadas, las fibras adquieren forma de huso, cuyos puntos de diámetro mínimo cercanos a los extremos de la mecha, concuerdan con el momento de menor oferta forrajera y requerimientos nutricionales en aumento, y que el punto de diámetro máximo coincide con el momento de mayor oferta forrajera y requerimientos nutricionales en disminución.

El efecto que las variaciones anuales y estacionales puedan tener sobre el crecimiento en diámetro de las fibras de lana (Jackson y Downes, 1979; Adams y Briegel, 1998; Brown et al., 1999; 2002) no ha sido estudiado en las condiciones de la región de Sierras y Mesetas de la Patagonia. Aunque en sistemas

de producción extensivos el productor suele tener poco control sobre los factores medioambientales que afectan la calidad de lanas, está interesado de todas maneras en saber si las líneas genéticas productoras de lana más fina responden a los mencionados factores ambientales en forma diferente a las líneas habitualmente criadas en la región. Diferencias entre líneas genéticas fueron encontradas en otros ambientes (Brown et al., 2002).

En este trabajo se analizan en detalle los efectos de la edad y de años climáticamente distintos, sobre la variación del diámetro de fibra a lo largo de su período de crecimiento, en dos líneas genéticas que representan el Merino criado tradicionalmente en la Patagonia y el Merino que produce lana superfina. Los restantes trabajos de la serie se centran en las hembras de la línea genética Superfina e incluyen la evaluación de la influencia del estado fisiológico y la edad sobre las variaciones del diámetro de fibra en el perfil y una propuesta de análisis complementario, o alternativo, a los descriptores univariados del perfil, bajo un enfoque de mediciones repetidas, que permitan estudiar integralmente la variación del diámetro de fibra a través del período de crecimiento.

Materiales y Métodos

Ubicación y clima

El trabajo se llevó a cabo en el Campo Experimental del INTA Bariloche (41° 07' S, 70° 44' W), ubicado en la localidad de Pilcaniyeu en el NO de la provincia de Río Negro. El campo tiene una altitud variable de 760-1150 msnm, sin período libre de heladas, una precipitación media anual histórica de 260 mm y se considera representativo de la región fitogeográfica de Sierras y Mesetas patagónicas. La distribución de las precipitaciones define un clima de tipo mediterráneo, con 70% de la precipitación anual concentrada en el

semestre abril-septiembre. La temperatura promedio de julio es de 0,9°C, mientras que la media de febrero es de 14,2°C. Las temperaturas extremas alcanzan los -28,0°C y 36,0°C. Estas condiciones determinan pastizales naturales de estepa y mallines que soportan una carga anual promedio de 0,33 unidades de oveja seca por hectárea. Animales criados en estos ambientes sufren fuertes restricciones durante el invierno perdiendo peso y condición corporal.

El ensayo cubrió dos periodos productivos, de septiembre 2005 a agosto 2006 (Húmedo) y de septiembre 2006 a agosto 2007 (Seco). Las precipitaciones registradas en el campo durante esos dos periodos se presentan en la Figura 1. Se observa que, a partir de febrero, las precipitaciones acumuladas del segundo periodo comienzan a ser menores a las acumuladas del primer periodo. La diferencia en precipitación anual fue del 39% (350 mm vs 213 mm).

Animales experimentales

Se utilizaron animales de majadas que representan dos líneas genéticas distintas. Un plantel proveedor de padres compuesto por alrededor de 300 ovejas Merino sujeta a selección e introducción de padres de lana superfina, menor a 19 µm, denominado majada Superfina y una majada Control compuesta por alrededor de 200 ovejas Merino que no está sujeta a selección ni introducción de padres. Dado que las majadas son del mismo origen, es posible determinar la diferencia genética entre ambas. Las majadas se manejan en conjunto en los mismos potreros.

Las hembras de ambas líneas genéticas fueron codificadas de acuerdo a su edad como: "Joven" a las ovejas de segunda esquila; "Adulta" a las ovejas de tercera y cuarta esquila; ó "Vieja" a las ovejas de quinta y sexta esquila. Tener presente que el factor Edad tiene implícito el posible efecto de distintos años de nacimiento.

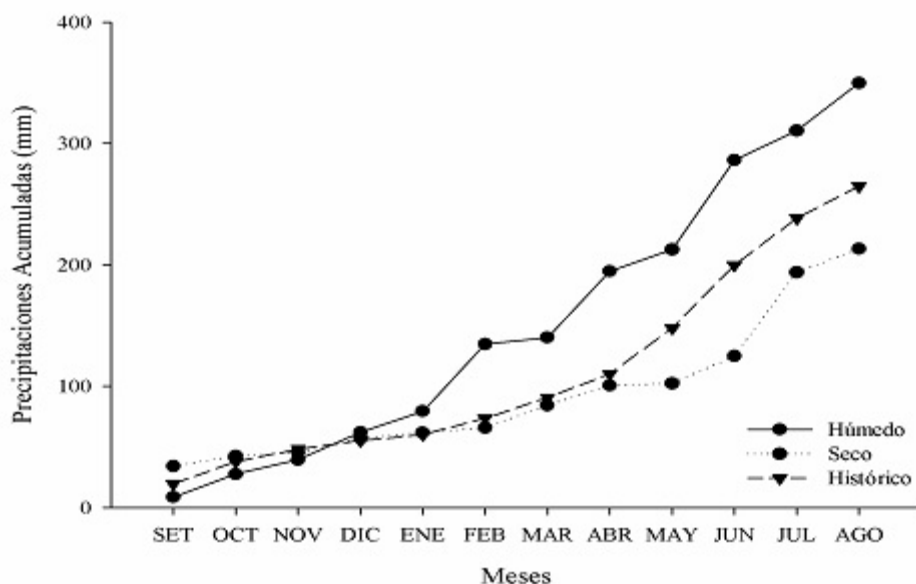


Figura 1: Precipitaciones acumuladas durante los dos periodos de ensayo junto a datos históricos en Pilcaniyeu, Río Negro, Argentina.

Figure 1: Accumulated precipitation over both trial periods plus historic value in Pilcaniyeu, Rio Negro, Argentina.

Muestreo y mediciones

Al momento de la esquila se extrajeron, de cada animal, muestras de aproximadamente 120 g de lana de la zona del costillar. Las muestras se analizaron en el Laboratorio de Fibras Textiles del INTA Bariloche utilizando un equipo OFDA2000®.

Las mediciones en OFDA2000 se realizaron sobre mechas sucias corregidas por el contenido de grasa promedio de cada combinación de línea genética, edad y periodo. El equipo OFDA2000 realiza mediciones de diámetros sobre 100 a 150 fibras en secciones transversales de mechas de lana cada 5 mm hasta recorrer toda su longitud. Por lo tanto, la cantidad de valores obtenidos de diámetros medios de secciones transversales depende de la longitud. Por ejemplo, para una mecha de 80 mm de largo se obtiene un conjunto de 17 mediciones repetidas de diámetros medidos a lo largo de la mecha. Con los datos correspondientes a cada mecha, se obtiene una secuencia de mediciones que

representa el período anual de crecimiento de la fibra. Dicha secuencia de mediciones se denomina Perfil de Diámetro de Fibra.

En los perfiles se identificaron tres puntos principales; diámetro máximo (MAX; μm), diámetro mínimo entre el diámetro máximo y la punta de la mecha (Min1; μm) y diámetro mínimo entre el diámetro máximo y la base de la mecha (Min2; μm). En general, los mínimos se encuentran en, o cerca de, los respectivos extremos de la mecha. Además de estas tres variables, se calcularon dos tasas de cambio del diámetro, la primera entre el Min1 y el MAX (TCD1; $\mu\text{m}/\text{mm}$) y la segunda entre el MAX y el Min2 (TCD2; $\mu\text{m}/\text{mm}$). Las tasas se calcularon ajustando la pendiente entre los respectivos diámetros máximos y mínimos (ver Figura 2). Adicionalmente, el equipo OFDA provee el valor de diámetro medio de fibra (DMF; μm) y su coeficiente de variación (CVDMF; %), y el coeficiente de variación de diámetros a lo largo de la fibra (CVAlong; %).

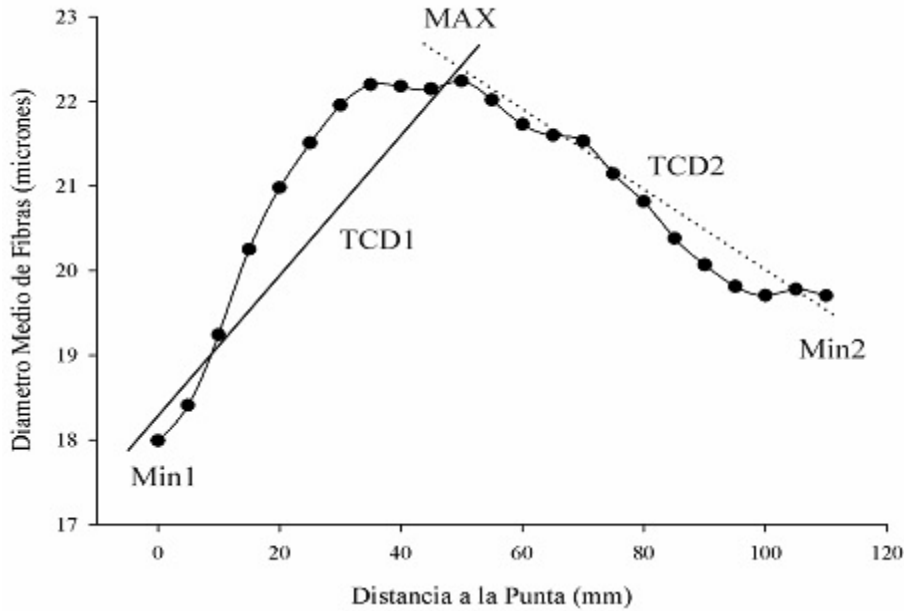


Figura 2: Representación gráfica del diámetro máximo (MAX) y el diámetro mínimo hacia la punta de la mecha (Min1) y hacia la base de la mecha (Min2). La pendiente entre Min1 y MAX (línea sólida) ilustra la tasa de cambio del diámetro inicial (TCD1) y la pendiente entre MAX y Min2 (línea punteada) ilustra la tasa de cambio del diámetro final (TCD2).

Figure 2: Graphic representation of Maximum diameter (MAX) and Minimum diameter close to the tip of the staple (Min1) and Minimum diameter close to the base of the staple (Min2). The slope between Min1 and MAX (solid line) shows Initial rate of diameter change (TCD1) and the slope between MAX and Min2 (dotted line) shows Final rate of diameter change (TCD2).

Análisis de datos

Los factores considerados fueron línea genética (G), edad (E) y período (P), todos de carácter fijo.

Se utilizó el siguiente modelo, incluyendo las interacciones de primer orden, correspondiente a un Diseño Completamente Aleatorizado:

$$y_{ijk}^{(p)} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \delta_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\delta)_{ik} + (\beta\delta)_{jk} + \varepsilon_{ijk} \quad (1)$$

$y_{ijk}^{(p)}$ es la l -ésima observación correspondiente a la i -ésima línea genética, j -ésima edad y k -ésimo período (donde el superíndice p varía de 1 a 8 indicando cada una de las 8 variables analizadas),

μ es la media poblacional,

α_i es el efecto de la i -ésima línea genética (i = Superfina y Control),

β_j es el efecto de la j -ésima edad (j = Joven, Adulta y Vieja),

δ_k es el efecto del k -ésimo período (k = Húmedo y Seco),

$(\alpha\beta)_{ij}$ es el efecto de la ij -ésima interacción de línea genética x edad,

$(\alpha\delta)_{ik}$ es el efecto de la ik -ésima interacción de línea genética x período,

$(\beta\delta)_{jk}$ es el efecto de la jk -ésima interacción de edad x período,

El error se asume con distribución Normal, con promedio nulo y matriz de covarianza R , tal que R es una matriz diagonal por bloques donde cada bloque es una matriz 2×2 que contiene la correlación de las dos mediciones correspondientes a cada animal.

Las pruebas de hipótesis se realizaron con un nivel de significación del 1%. Se empleó el paquete estadístico SAS (2009). Frente a interacción significativa, se procedió a la apertura de la misma analizando, según cada caso, dos factores de interés en forma conjunta para cada uno de los niveles de un tercer factor por el cual se decide abrir dicha interacción. Posteriormente, en situación de efectos principales significativos, se aplicó el test de comparaciones múltiples de Bonferroni. Las magnitudes de las tasas de cambios y los diámetros mínimos inicial y final se com-

raron en base a un test t de *Student* para comparaciones apareadas.

Se realizaron análisis de residuales que incluyeron test de Normalidad (Kolmogorov), estimación de Momentos (Asimetría y Curtosis) y test de Homogeneidad de Varianza (Levene). Para ambos períodos las variables TCD1 y TCD2 fueron transformadas a raíz cuadrada por falta de normalidad.

Resultados y Discusión

El gráfico de los perfiles promedio de diámetro para ambas líneas genéticas en los dos períodos y para las tres categorías de edad se presenta en la Figura 3 y la significancia estadística de los efectos fijos estudiados se resume en el Cuadro 1.

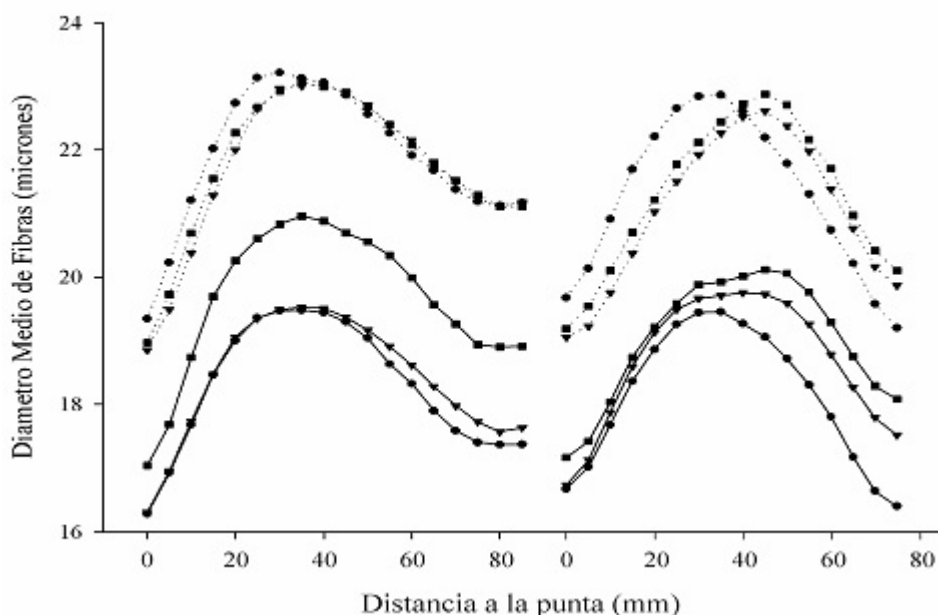


Figura 3: Promedios de perfiles de diámetro de fibra de dos líneas genéticas (Superfina, línea sólida y Control, línea punteada) en dos períodos (Húmedo, izquierda y Seco, derecha) y tres edades (Joven, Adulta y Vieja, marcadores redondos, triangulares y cuadrados, respectivamente) de ovejas Merino esquiladas preparto en la Patagonia.

Figure 3: Mean Fiber Diameter Profiles of two strains (Superfine, solid line and Control, dotted line) in two periods (Humid, left and Dry, right) by ages (Young, Adults and Old, with circles, triangles and squares markers, respectively) from Merino ewes shorn pre-lambing in Patagonia.

Cuadro 1: Significancia estadística de los efectos evaluados en las variables de los Perfiles de Diámetro de Fibra.

Table 1: Statistical significances of effects evaluated on Fiber Diameter Profile's variables.

Variable	Línea genética (G)	Edad (E)	Período (P)	G*E	G*P	E*P
DMF			*	*	ns	ns
MAX			*	*	ns	ns
Min1	*	*	ns	ns	ns	ns
Min2				*	*	ns
CVDMF	ns			ns	ns	*
CVAAlong	ns			ns	ns	*
TCD1	*	ns	*	ns	ns	ns
TCD2		ns		ns	*	ns

Ver abreviaturas en Materiales y métodos. *Muestreo y mediciones*. Símbolos: ns, $p > 0,01$; *, $p < 0,01$. Las celdas vacías corresponden a efectos principales involucrados en interacciones significativas.

En el Cuadro 2 se presentan los valores promedios, error estándar y número de observaciones para las combinaciones de edad por período para las líneas Superfina y Control.

Para ayudar a la presentación de los resultados, las variables analizadas se ordenaron en tres grupos de acuerdo al tipo de variable, (1) variables asociadas a diámetros, que incluyen a DMF, MAX, Min1 y Min2; (2) coeficientes de variación que incluyen a CVDMF y CVAAlong y (3) tasas de cambios de diámetros que incluyen a TCD1 y TCD2.

1. Variables asociadas a diámetros de fibra

Para las variables DMF y MAX el factor P resultó significativo, así como la interacción G*E (ver Cuadro 1). Los diámetros promedios de dichas variables fueron significativamente mayores en el período Húmedo que en el Seco (19,8 vs. 19,4 μm para DMF, $p < 0,003$; 21,9 vs. 21,4 μm para MAX, $p < 0,0005$) reflejando las mejores condiciones ambientales del primero. La apertura de la interacción G*E para DMF, MAX y para Min2, también significativa (ver más abajo), mostró en general que los diámetros se incrementaron con la edad en la línea Superfina (para MAX el incremento

fue significativo al pasar de edad Adulta a Vieja), mientras que en la línea Control sorpresivamente no hubo aumento de diámetros con la edad (ver Cuadro 3).

El Min1 resultó afectado significativamente por los efectos de la línea genética ($p < 0,0001$) donde la línea Superfina fue 2,3 μm más fina que la Control (16,7 vs 19,0 μm , respectivamente) y la edad ($p < 0,0083$) donde las hembras Adultas tuvieron el menor valor promedio (18,0 μm ; 17,7 μm y 18,0 μm , para Jóvenes, Adultas y Viejas, respectivamente). Estas diferencias entre grupos etarios no tienen implicaciones de calidad ni comerciales.

Para Min2 resultaron significativas las interacciones G*E ($p < 0,0035$) y G*P ($p < 0,0004$). La apertura de la interacción G*E mostró un comportamiento similar al de las variables DMF y MAX. Por su parte, la interacción G*P mostró que, si bien en el segundo período disminuyeron los valores de diámetro, esta disminución fue más marcada en la majada Control que en la Superfina (20,7 vs. 19,6 μm para la majada Control y 17,9 vs. 17,4 μm para la Superfina en los períodos Húmedo y Seco, respectivamente). Teniendo en mente que Min2 es el diámetro medio de fibras a la

Cuadro 2: Valores promedios, error estándar (entre paréntesis) y número de observaciones (itálica) para hembras de dos líneas genéticas (Superfina y Control) por edades (Joven, Adulta y Vieja) en dos periodos de crecimiento (Húmedo y Seco).

Table 2: Mean values, standard errors (in parentheses) and observations (in italics) for ewes from two strains by ages in two growth periods.

Variable	Superfinas						Control					
	Jóvenes		Adultas		Viejas		Jóvenes		Adultas		Viejas	
	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco
DMF	18,3 (0,17) <i>82</i>	18,1 (0,14) <i>66</i>	18,4 (0,15) <i>115</i>	18,5 (0,11) <i>136</i>	19,4 (0,14) <i>108</i>	18,8 (0,14) <i>118</i>	21,6 (0,22) <i>49</i>	21,1 (0,23) <i>42</i>	21,4 (0,16) <i>73</i>	21,1 (0,19) <i>69</i>	21,5 (0,17) <i>71</i>	21,2 (0,21) <i>54</i>
MAX	20,2 (0,19) <i>82</i>	20,1 (0,16) <i>66</i>	20,4 (0,18) <i>115</i>	20,3 (0,13) <i>134</i>	21,6 (0,17) <i>108</i>	20,6 (0,17) <i>110</i>	23,8 (0,25) <i>49</i>	23,3 (0,28) <i>42</i>	23,6 (0,19) <i>73</i>	23,1 (0,22) <i>68</i>	23,7 (0,19) <i>71</i>	23,3 (0,24) <i>53</i>
Min1	16,5 (0,17) <i>82</i>	16,8 (0,16) <i>66</i>	16,5 (0,15) <i>115</i>	16,6 (0,12) <i>134</i>	17,0 (0,15) <i>108</i>	17,0 (0,15) <i>110</i>	19,2 (0,25) <i>49</i>	19,6 (0,28) <i>42</i>	18,7 (0,18) <i>73</i>	18,8 (0,20) <i>68</i>	18,9 (0,20) <i>71</i>	19,1 (0,18) <i>53</i>
Min2	17,3 (0,17) <i>82</i>	16,5 (0,17) <i>66</i>	17,5 (0,14) <i>115</i>	17,4 (0,12) <i>134</i>	18,6 (0,14) <i>108</i>	18,0 (0,15) <i>110</i>	20,7 (0,24) <i>49</i>	19,2 (0,24) <i>42</i>	20,8 (0,17) <i>73</i>	19,8 (0,22) <i>68</i>	20,8 (0,18) <i>70</i>	20,0 (0,22) <i>53</i>
CVDMF	18,5 (0,18) <i>82</i>	19,2 (0,23) <i>66</i>	18,7 (0,17) <i>115</i>	18,3 (0,14) <i>136</i>	18,6 (0,15) <i>108</i>	18,8 (0,17) <i>118</i>	18,5 (0,26) <i>49</i>	19,7 (0,27) <i>42</i>	18,3 (0,21) <i>73</i>	18,8 (0,20) <i>69</i>	18,7 (0,20) <i>71</i>	18,7 (0,30) <i>54</i>
CVAlong	6,3 (0,17) <i>82</i>	7,4 (0,19) <i>66</i>	6,5 (0,16) <i>115</i>	6,9 (0,16) <i>136</i>	7,0 (0,19) <i>108</i>	6,6 (0,17) <i>118</i>	6,4 (0,21) <i>49</i>	7,0 (0,26) <i>42</i>	6,6 (0,20) <i>73</i>	6,8 (0,24) <i>69</i>	6,5 (0,21) <i>71</i>	6,5 (0,24) <i>54</i>
TCD1	0,110 (0,004) <i>82</i>	0,101 (0,004) <i>66</i>	0,114 (0,005) <i>115</i>	0,106 (0,004) <i>136</i>	0,135 (0,006) <i>108</i>	0,100 (0,005) <i>115</i>	0,139 (0,008) <i>49</i>	0,125 (0,007) <i>42</i>	0,134 (0,006) <i>73</i>	0,110 (0,004) <i>69</i>	0,132 (0,006) <i>70</i>	0,112 (0,008) <i>53</i>
TCD2	0,068 (0,002) <i>82</i>	0,086 (0,003) <i>66</i>	0,060 (0,004) <i>115</i>	0,089 (0,003) <i>133</i>	0,071 (0,003) <i>107</i>	0,089 (0,003) <i>110</i>	0,070 (0,003) <i>49</i>	0,100 (0,005) <i>42</i>	0,072 (0,006) <i>72</i>	0,110 (0,005) <i>68</i>	0,065 (0,005) <i>71</i>	0,113 (0,006) <i>52</i>

Ver abreviaturas en Materiales y Métodos *Muestreo y mediciones*

esquila, se encontró que tuvieron su correlato con el peso corporal a la esquila (15,2% menos para la majada Control y 11,7% menos para la Superfina en el periodo Seco, Joaquín Mueller, datos sin publicar).

La diferencia promedio en DMF entre líneas genéticas (2,7 μm menor en la Superfina) es mayor a los 1,4 μm encontrados en las mismas majadas por Sacchero y Mueller (2007) 5 y 6 temporadas antes. La mayor separación entre ambas líneas en DMF se debería a la introducción de germoplasma

superfino australiano y al mayor énfasis en selección por menor diámetro en la majada Superfina durante los últimos años. Brown et al. (2002) observaron diferencias similares (3,0 μm) entre líneas genéticas finas y medias en ambientes de mesetas de Australia. El proceso de afinamiento de la lana en la línea Superfina también puede haberse reflejado en diferencias de finura entre edades, animales más jóvenes estarían más seleccionados, explicando las diferencias entre edades para esa línea, que no se observa en la línea Control.

Cuadro 3: Efecto de la interacción línea genética*edad sobre medias mínimas cuadradas de diámetro medio, máximo y mínimo final (μm).

Table 3: Effect of Strain*Age interaction on least square means of Mean Fiber Diameter, Maximum Diameter and Final Minimum Diameter (μ).

Edad	DMF		MAX		Min2	
	Superfina	Control	Superfina	Control	Superfina	Control
Joven	18,2 c	21,3 a	20,2 b	23,5 a	16,9 c	19,9 a
Adulta	18,6 b	21,1 a	20,5 b	23,3 a	17,5 b	20,2 a
Vieja	19,2 a	21,2 a	21,2 a	23,4 a	18,4 a	20,3 a

Ver abreviaturas en Materiales y métodos *Muestreo y mediciones*.

Para cada variable letras distintas dentro de columnas indican diferencias significativas al 1%.

Comparando los diámetros mínimos se encontró que el promedio de Min1 fue menor al de Min2 (17,6 μm vs. 18,6 μm , respectivamente; $p < 0,0001$) es decir que el diámetro mínimo cercano a la punta de la mecha fue el menor de todo el periodo de crecimiento (excepto para hembras jóvenes en el periodo Seco, ver mas abajo). Esto se debería, al menos en parte, a la concordancia en ese momento de efectos ambientales (baja disponibilidad de forraje) y fisiológicos (altos requerimientos nutricionales en hembras gestantes) que producen reducción del diámetro de fibra.

Analizando las diferencias entre el mínimo final y el inicial (Min2-Min1) a través del modelo propuesto, se encontró que fueron significativas las interacciones G*P ($p < 0,0091$) y E*P ($p < 0,0071$). La apertura de la interacción G*P mostró que hubo diferencias significativas entre los promedios de las líneas genéticas en el primer período (1,2 μm en la Superfina vs 1,7 μm en la majada Control; $p < 0,0002$) mientras que en el segundo período no las hubo (0,5 μm en ambas líneas). Por otro lado la apertura de la interacción E*P mostró que en el periodo Seco las ovejas Jóvenes no solo tuvieron diferencias entre ambos mínimos, significativamente más bajos que el resto, sino que fue el único subgrupo donde las diferencias fueron negativas, es decir que tuvieron el diámetro mínimo final menor al inicial. Estas diferencias produjeron perfiles con características particulares en cada periodo; en el Hú-

medo con condiciones ambientales favorables que maximizaron las diferencias entre las líneas genéticas y en el periodo Seco, sin diferencias debidas a la línea genética pero con las hembras de la categoría Jóvenes expresando un perfil atípico con el diámetro final menor al inicial.

Finalmente, en aquellas hembras en las cuales se contaron con mediciones consecutivas en ambos periodos ($n=343$), se evaluó la diferencia entre el diámetro mínimo final (Min2) del primer periodo con el diámetro mínimo inicial (Min1) del segundo. Si bien ambas mediciones corresponderían prácticamente el mismo lugar físico de la mecha, la exposición de la punta de la mecha durante un largo tiempo a las condiciones ambientales externas (radiación solar, viento, lluvia, variaciones de temperatura y humedad, etc.) pudo afectar la descamación de la cutícula de las fibras, confiriéndole un aspecto fragmentado y deshilachado (Ryder y Stephenson, 1968) reduciendo su diámetro. Las diferencias debidas a la línea genética resultaron altamente significativas ($p < 0,0001$); la caída en el promedio de diámetro en la Superfina fue de 0,7 μm , mientras que en la majada Control fue de 1,8 μm (ver Figura 3). La lana Superfina se vio menos afectada por el ambiente que la lana de Merino tradicional, suponiendo alguna diferencia genética en la propensión de pérdida de escamas en la cutícula de la fibra.

2. Coeficientes de variación del diámetro medio y de diámetros a lo largo de la mecha

Las líneas genéticas tuvieron coeficientes de variación similares, tanto *entre fibras* como *a lo largo de fibras* (diferencias no significativas para el efecto G y para las interacciones G*P y G*E). Sin embargo, la interacción E*P resultó significativa para ambos coeficientes de variación ($p < 0,0023$ para CVDMF y CVA-long, ver Cuadro 4). Los valores de CVDMF que las hembras Jóvenes tuvieron en el periodo Seco fueron altos y significativamente diferentes a las Adultas y Viejas; en el periodo Húmedo no hubo diferencias entre grupos etarios (ver Cuadro 4).

Para CVA-long se observó una situación contrapuesta entre los periodos, en el Húmedo los coeficientes de variación aumentaron con la edad y en el Seco disminuyeron con la edad. En ambos periodos las ovejas Jóvenes fueron significativamente diferentes de las Viejas (ver Cuadro 4). La categoría Joven resultó más sensible a las condiciones ambientales del periodo Seco, provocando una respuesta del diámetro más variable que se tradujo en mayores CVDMF y CVA-long y por

lo tanto en un perfil diferente al resto de las combinaciones de edad por periodo.

El promedio general observado de CVA-long (6,7%) fue levemente superior a los encontrados por Brown et al. (2002) y por Jackson y Downes (1979), en Australia, para majadas Merino finas (6,2 y 6,4%, respectivamente). La ausencia de diferencias significativas entre líneas genéticas encontradas aquí, en los promedios de estos coeficientes de variabilidad, concuerda con lo observado por Jackson y Downes (1979). Otros autores, sin embargo, encontraron mayores CVA-long (Peterson et al., 1998) y CVDMF (Brown et al., 2002) en líneas genéticas de Merino gruesos ($> 23 \mu\text{m}$) que en Merinos finos. Yamin (1999), encontró que las respuestas en el crecimiento de las fibras en diámetro ante condiciones ambientales desfavorables, tal como las de un periodo Seco, son más variables y sugiere que el principal componente de la variabilidad de CVA-long es de origen ambiental y donde la nutrición juega un rol preponderante, a diferencia del CVDMF, donde las diferencias son principalmente de origen genético.

Cuadro 4: Efecto de la interacción línea genética*edad sobre medias mínimas cuadradas de los coeficientes de variación (%).

Table 4: Effect of Strain*Age interaction on least square means of Coefficients of Variation between and along fibers (%).

Edad	CVDMF		CVA-long	
	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco
Joven	18,4 b	19,5 a	6,3 b	7,2 a
Adulta	18,5 a	18,6 a	6,6 a	6,9 a
Vieja	18,6 a	18,9 a	6,8 a	6,6 a

Ver abreviaturas en Materiales y métodos *Muestreo y mediciones*

Para cada variable letras distintas dentro de filas indican diferencias significativas al 1%.

3. Tasas de cambio de diámetro

Comparando los promedios generales de ambas tasas que fueron $0,116 \mu\text{m}/\text{mm}$ para TCD1 y $0,080 \mu\text{m}/\text{mm}$ para TCD2, se encontraron diferencias significativas entre ellos ($p < 0,0001$) (ver en Cuadro 2 promedios por

combinación de niveles de los factores). Esto implica que los cambios en el diámetro fueron más abruptos desde la punta de la mecha hasta el MAX, que desde el MAX hasta la base de la mecha. Esta diferencia estaría explicada por la diferencia en disponibilidad de

forraje de primavera-verano, comparado con otoño-invierno, que se traduce en un engrosamiento de las fibras más marcado en el primer periodo al compararlo con la tasa a la cual se reduce el diámetro a partir del pico máximo, desde final del verano y a través del otoño e invierno hasta el momento de la esquila (base de la mecha).

La TCD1 resultó afectada por la línea genética y el período (ver Cuadro 2), pero no por la edad de los animales. La línea Control tuvo tasas promedio de aumento del diámetro significativamente mayores que la línea Superfina (0,125 vs. 0,110 $\mu\text{m}/\text{mm}$, respectivamente; $p < 0,0001$) y siendo el promedio de esta variable mayor en el periodo Húmedo que en el Seco (0,127 vs. 0,109 $\mu\text{m}/\text{mm}$, respectivamente; $p < 0,0001$), lo cual podría explicarse por las condiciones ambientales más favorables del primero y que se expresó en mayores valores promedios en todas las variables asociadas a diámetro.

Para la TCD2 resultó significativa la interacción G*P ($p < 0,0001$). Analizando la misma se observa que las condiciones del periodo Húmedo permitieron una tasa de reducción del diámetro similar entre ambas líneas genéticas (0,069 vs 0,066 $\mu\text{m}/\text{mm}$ para Control y Superfina, respectivamente) a diferencia de lo ocurrido en el periodo Seco donde la tasa de disminución del diámetro fue significativamente mayor en la línea Control que en la Superfina (0,108 vs. 0,088 $\mu\text{m}/\text{mm}$).

La línea genética afectó las tasas con las cuales aumentó o disminuyó el diámetro. Durante la primera fase del crecimiento (fin de invierno-primavera-principio del verano) donde la disponibilidad de forraje en cantidad y calidad no es limitante en estos ambientes debido a la alta tasa de crecimiento de los pastizales (Celso Giraudó, datos no publicados), la línea Superfina tuvo menor tasa de cambio del diámetro que la línea Control, mientras que en la segunda fase de crecimiento (fin de verano, otoño e invierno), con una disponibilidad de forraje cada vez más restringida a medida que pasa el tiempo (Giraudó y Somlo, 1995), la línea Superfina disminuyó su diámetro a una tasa similar que

la majada Control en el año Húmedo pero a una tasa menor que la majada Control en el periodo Seco.

Este comportamiento de la línea genética superfina es muy conveniente para quienes pretenden producir lanas más finas ya que, aun en las condiciones más adversas (segunda fase de crecimiento del periodo Seco), no tuvieron una caída abrupta del diámetro de fibra, lo cual podría afectar su calidad, evidenciando su capacidad de adaptación al ambiente. Hynd (1989) y Brown et al. (2002) encontraron que ovinos Merino de lanas finas tuvieron menores aumentos del diámetro con aumentos en la alimentación y menores disminuciones del diámetro con disminuciones en la alimentación.

Conclusiones

La principal conclusión del trabajo es que la ausencia de diferencias en los coeficientes de variación entre fibras y a lo largo de las fibras, demostraría que ambas líneas genéticas reaccionaron del mismo modo frente a las variaciones ambientales de cada periodo, tal como lo harían curvas paralelas no coincidentes y en ese sentido concuerdan con los hallazgos previos sobre ausencia de interacción genotipo*ambiente para DMF, entre otras variables, encontrados previamente en estas líneas. Por lo tanto, el temor de producir lanas superfinas en ambientes con periodos climáticos muy fluctuantes y sistemas de producción extensivos no está justificado, ya que lanas superfinas se ven afectadas por el ambiente tal como lo hacen otros tipos de lanas.

Una excepción se encontraría en las variables Min2 y TCD2, de por sí relacionadas, donde se observó interacción significativa de línea genética*periodo que indicaría que la línea Superfina fue menos sensible a los efectos ambientales que la lana de Merinos tradicionales.

Esta información es importante cuando se diseñan estrategias de alimentación para atenuar el efecto de los cambios de estación como: pastoreo controlado durante los periodos de elevada oferta forrajera y rápido au-

mento en el diámetro, y alimentación suplementaria durante periodos de déficit estacionales de forraje y rápida declinación en el diámetro, que permiten reducir en ambos casos la variación en el diámetro medio de las fibras a lo largo de la mecha, una característica importante desde el punto de vista textil particularmente en lanas de alto valor.

La diferencia en DMF entre ambas líneas genéticas (en promedio 2,7 micrones) se ha profundizado en relación a hallazgos previos y depende de la edad de los animales, con diferencias mayores en la categoría Jóvenes y menores en la categoría Viejas.

Las variables específicamente relacionadas a los Perfiles de Diámetro de Fibra, tales como MAX, Min1, Min2, CVAlong, TCD1 y TCD2, no aportan información adicional y relevante a la proporcionada por las mediciones típicas sobre muestras de costillar (DMF y CVDMF) cuando se pretende comparar líneas genéticas Merino dentro de ambientes. Sin embargo, la bibliografía disponible indica que toman relevancia cuando se comparan padres individuales entre y dentro de ambientes.

Bibliografía

- Adams, N.R. and Briegel, J.R. 1998. Liveweight and wool growth responses to a Mediterranean environment in three strains of Merino sheep. *Australian Journal of Agricultural Research* 49, 1187-1193.
- Brown, D.J., Crook, B.J. and Purvis, I.W. 1999. Genotype and environmental differences in fibre diameter profile characteristics and their relationship with staple strength in Merino sheep. *Proceedings of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics* 13, 274-277.
- Brown, D.J., Crook, B.J. and Purvis, I.W. 2002. Differences in fibre diameter profile characteristics in wool staples from Merino sheep and their relationship with staple strength between years, environments and bloodlines. *Australian Journal of Agricultural Research* 53, 481-491.
- Friends, M.A. and Robards, G.E. 2005. Fibre diameter and staple strength of sheep selected for divergent clean fleece weight when subjected to an increase in intake or an increase in intake and diet change. *Australian Journal of Agricultural Research* 56, 195-201.
- Giraudó, C.G. y Somlo, R. 1995. Empleo de un pastizal diferido en la nutrición invernal de ovinos. *Revista Argentina de Producción Animal* 15, 312-314.
- Hansford, K.A. and Kennedy, J.P. 1998. Relationship between the rate of change in fibre diameter and staple strength. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production* 17, 415.
- Hatcher, S., Atkins, K.D., Purvis, I.W. 1999. Does translocating environments affect wool production and wool quality of Merino weathers. *Proceedings of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics* 13.
- Hynd, P.I. 1989. Effects of nutrition on wool follicle cell kinetics in sheep differing in efficiency of wool production. *Australian Journal of Agricultural Research* 40, 409-417.
- Jackson, N. y Downes, A.M. 1979. The Fibre Diameter Profile of wool staples from individual sheep. *Australian Journal of Agricultural Research* 30, 163-171.
- Mueller, J.P., Sacchero, D. y Duga, L. 2005. Interacción genotipo ambiente sobre la producción de ovinos de lana superfina en la Patagonia: 2. Calidad de lana. *Revista Argentina de Producción Animal* 25, 143-152.
- Peterson, A.D., Gherardi, S.G. and Ellis, M.R. 1998. Managing the diameter profile leads to increased staple strength of young Merino sheep shorn in spring in South Western Australia. *Australian Journal of Agricultural Research* 23, 1181.
- Ryder, M.L. and Stephenson, S.K. 1968. Wool Growth. Part II. The skin and the fleece 286-287. Academic Press Inc..
- Sacchero, D. y Mueller, J.P. 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 Merino seleccionada y una no seleccionada. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 36, 49-61.
- SAS. 2009. SAS/STAT User's Guide. Version 9.0. SAS Institute, Cary, NC.
- Yamin, M., Hynd, P.I., Ponzoni, R.W., Hill, J.A., Pitchford, W.S. and Hansford, K.A. 1999. Is fibre diameter variation along the staple a good indirect selection criterion for staple strength? *Wool Technology and Sheep Breeding* 47, 151-158.