

Vientiocho años de mejoramiento genético en una majada Merino comparada con una testigo sin selección

Twenty-eight years of genetic improvement in a Merino flock compared with a control flock without selection

Mueller, J.P.¹, Giovannini, N. y Bidinost, F.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Bariloche

Resumen

A los fines de demostrar progreso genético se separaron al azar dos majadas, cada una con 250 ovejas y 10 carneros, a partir de una misma población Merino del norte de la Patagonia argentina. La majada "Testigo" se mantuvo cerrada desde el servicio de 1984 hasta el servicio de 2011 con reemplazos anuales de hembras y machos elegidos al azar del propio Testigo. La majada "Núcleo" fue seleccionada por alto peso corporal (PCE), alto peso de vellón limpio (PVL) y bajo promedio de diámetro de fibras (PDF) durante un periodo de 9 años. En un segundo periodo de 8 años el Núcleo tuvo introducciones de padres de cabañas en prueba de progenie y en un tercer periodo de otros 11 años el Núcleo tuvo unas pocas introducciones de padres y fue seleccionado con énfasis en bajo PDF. El progreso genético fue calculado como la pendiente de la regresión de diferencias porcentuales en cada periodo y en el conjunto de los tres periodos. Además, se comparó la performance del Núcleo y del Testigo hacia el final de la experiencia en rasgos medidos y rasgos observados visualmente en corderos/as, borregos/as, ovejas y carneros. La tendencia genética promedio entre sexos en el primer periodo fue 0,68%, 0,31% y -0,50% para PCE, PVL y PDF, respectivamente. Estos valores se ubicaron entre el 82 y el 93% de los valores esperados teóricamente. Del primero al segundo periodo las diferencias genéticas entre Núcleo y Testigo aumentaron para PCE de 0,99 a 2,75 kg, para PVL de 0,08 a 0,27 kg y para PDF de -0,23 a -1,02 μm . Sin embargo, las diferencias no aumentaron durante el segundo periodo sugiriendo que los padres en prueba de progenie aportaron mejora genética inicial pero que no fueron siendo reemplazados por padres mejores durante el periodo. En el tercer periodo la diferencia de PDF entre majadas aumentó de -1,02 a -2,75 μm y el progreso genético en PCE, PVL y PDF durante el periodo fue sostenido. La tendencia genética en todo el ensayo fue 0,35%, 0,37% y -0,74% por año, para PCE, PVL y PDF, respectivamente. Hacia el final del experimento las diferencias entre borregos/as del Núcleo y el Testigo fueron para PCE 6,8 kg, para PVL 0,11 kg y para PDF -3,3 μm . Las respuestas correlacionadas fueron favorables para peso al destete, peso de vellón sucio y factor de confort. En ovejas las diferencias finales entre Núcleo y Testigo fueron 4,5 kg, 0,58 kg y -3,9 μm y en carneros fueron 5,4 kg, 0,66 kg y -3,5 μm para PCE, PVL y PDF, respectivamente. En borregos/as y ovejas no hubo efecto negativo sobre la resistencia a la tracción aunque en carneros el Núcleo tuvo menor resistencia a la tracción que el Testigo. Las puntuaciones visuales de suavidad, carácter, uniformidad, densidad, cabeza, cuerpo y categoría visuales fueron significativamente mayores en el Núcleo. Solo las diferencias en calidad visual de mecha y el nivel de pigmentación no resultaron significativas. El experimento demostró que es posible mejorar simultáneamente PCE, PVL y PDF. El experimento también tuvo gran impacto en la adopción del uso de mediciones para la selección de ovinos en el país.

Palabras clave. ovinos, lana, selección, progreso genético, tamaño efectivo, línea testigo.

Summary

With the aim of demonstrating genetic progress two flocks, each with 250 ewes and 10 rams, were separated at random from a single Merino population of Argentina's north Patagonia. The "Control" flock was closed from mating 1984 till mating 2011 with annual replacements of females and males selected at random from Control flock progeny. The "Nucleus" flock was selected for high body weight (PCE), high clean fleece weight (PVL) and low average fibre diameter (PDF) during a period of 9 years. In a second period of 8 years the Nucleus had introductions of stud rams on progeny test and in a third period of additional 11 years the Nucleus had a few introductions of rams and was selected with emphasis on low PDF. Genetic progress was calculated as the slope of the regression line of differences between flocks, as a percentage of the Control flock, in each period and in the three period's altogether. In addition, towards the end of the experience the performance of Nucleus and Control lambs, hoggets, ewes and rams were compared in measured and visually scored traits. Genetic progress averaged over sexes in the first period was 0.68%, 0.31% y -0.50% for PCE, PVL and PDF, respectively. These values are within 82 and 93% of the theoretically expected values. From the first to the second period the average genetic differences between Nucleus

¹ Recibido: agosto 2015

Aceptado: marzo 2016

1. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental San Carlos de Bariloche. E-mail: mueller.joaquin@inta.gob.ar

and Control increased for PCE from 0.99 to 2.75 kg, for PVL from 0.08 to 0.27 kg and for PDF from -0.23 to -1.02 μm . The differences did not increase within the second period suggesting that rams in progeny test contributed initial improvement but were not replaced by better rams during the period. In the third period the difference in PDF between flocks increased from -1.02 to -2.75 μm and genetic progress in PCE, PVL and PDF during the period was sustained. Annual genetic progress over the full experiment resulted in 0.35%, 0.37% and -0.74% for PCE, PVL and PDF, respectively. Towards the end of the experiment the differences between Nucleus and Control hoggets was 6.8 kg for PCE, 0.11 kg for PVL and -3.3 μm for PDF. The correlated responses were favourable for weaning weight, greasy fleece weight and comfort factor. Final differences in PCE, PVL and PDF were 4.5 kg, 0.58 kg and -3.9 μm in ewes and 5.4 kg, 0.66 kg and -3.5 μm in rams, respectively. In hoggets and ewes there was no negative correlated response in staple strength but Nucleus rams had lower staple strength than Control rams. Visual scores for softness, character, uniformity, density, head, body and overall category were significantly larger in the Nucleus. Visual score differences in staple and pigmentation resulted non-significant. The experiment demonstrated that it is possible to improve PCE, PVL and PDF simultaneously. The experiment also had a large impact on the adoption of performance recording as an aid to selection of sheep in the country.

Key words. sheep, wool, selection, genetic progress, effective size, control line.

Introducción

En Argentina de los años 1980 el uso de los registros de producción para contribuir al mejoramiento genético de las majadas era muy escaso y la selección se basaba exclusivamente en la inspección visual (Mueller, 1989). En la zafra 1983/84 solo tres estancias contaban con análisis de muestras de lana de sus candidatos a selección a pesar de que ya en esa época había evidencias de la baja relación entre la apreciación visual y la determinación objetiva de la finura y el rendimiento al lavado de los vellones (Napier y Jones, 1979). La baja precisión de selección implicaba bajo progreso genético y la opinión que prevalecía en esos años era que el mejoramiento genético de ovinos dependía de la importación de reproductores. Esa lógica ameritaba una experiencia que demostrara a los criadores la utilidad de los registros de producción y de los análisis de lana para lograr progreso genético en las características de interés económico. El método más convincente para demostrar progreso era la comparación de una majada seleccionada en base a información objetiva con una majada testigo no seleccionada y manejada a la par. Demostraciones de progreso genético basadas en ese tipo de comparación se habían realizado anteriormente en Australia con la raza Merino (McGuirk, 1980; Rogan, 1984) y en Nueva Zelanda con la raza Romney (Blair, 1986; Blair y Pollack, 1984). Es así que el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) estableció un experimento demostrativo de progreso genético con la raza Merino usando una majada testigo en su campo experimental de Pilcaniyeu entre los años 1984 y 2011 (Mueller, 1989). Aquí se analiza el progreso genético observado y se discute la influencia de ese experimento en la generación y adopción de tecnologías de mejora genética en ovinos de la Argentina.

Materiales y Métodos

Lugar y animales

El campo experimental de Pilcaniyeu (41° 02' S, 70° 35' W) comprende altitudes entre 1000-1100 msnm con precipitaciones anuales de 260 mm, en gran medida otoño-invernales. En los pastizales predominan *Poa ligularis* y *Stipa speciosa*, *Mulinum spinosum*, *Poa lanuginosa* y *Stipa speciosa* var. *Major*, mientras que en los mallines las juncáceas (*Juncus balticus*), las ciperáceas (*Carex* sp.) y *Festuca pallelescens*. En el

campo se crían ovinos de la raza Merino, los animales fundadores fueron comprados en la región en los años 1960. El periodo crítico para los ovinos es el invierno por las bajas temperaturas y escaso o nulo crecimiento de forraje, mientras que la primavera suele ser propicia para la parición y el crecimiento de los animales. El ensayo de mejora genética comenzó en el otoño de 1984 y finalizó el 4 de junio de 2011 cuando la erupción del volcán Puyehue-Cordón Caulle ubicado 140 km hacia el oeste de Pilcaniyeu cubrió con cenizas la región impidiendo el pastoreo de los animales y generando mortandades o forzando su sacrificio o reubicación. El manejo de los animales en los 28 años fue similar al manejo aplicado por productores medianos de la región. El servicio se llevaba adelante en mayo/junio y por consiguiente, las pariciones ocurrían en octubre/noviembre. El destete se realizaba en enero/febrero y a partir de esa fecha los machos y las hembras se manejaron por separado. Hasta el año 2002 la fecha de esquila de los borregos/as y carneros se realizó en diciembre y a partir del año 2003 en septiembre en coincidencia con la esquila preparto de las ovejas. Más detalles sobre los animales, su manejo y la variabilidad anual de la producción se describen en Mueller et al (2014).

Diseño de las majadas

Para el servicio de otoño de 1984 se asignaron al azar ovejas, carneros, borregos/as y corderos/as a dos majadas identificadas como "Núcleo" y "Testigo" respectivamente. En consideración de un tamaño efectivo N_e aceptable y un número de animales mínimos a manejar en los potreros disponibles se decidió asignar 250 ovejas con 10 carneros a cada majada. Las ovejas se distribuían en 5 categorías de edad y los carneros en 2, ambos con primera progenie a los 2 años de edad. En poblaciones con generaciones superpuestas el tamaño efectivo se puede aproximar como $N_e = 4 \times m \times h \times L / (m + h)$, donde m y h son respectivamente el número de machos y hembras de reemplazo anual y L es el intervalo generacional (James, 1986). En las majadas experimentales, si no hubiese habido mortandad de adultos $m = 5$ y $h = 50$, tal que $L = 3,25$ y entonces $N_e = 4 \times 5 \times 50 \times 3,25 / (5 + 50) = 59,1$. Con mortandad de adultos el número de reemplazos sería algo mayor y el intervalo generacional algo menor. La tasa anual de consanguinidad ΔF_a es aproximadamente

$1/(2 \times N_e \times L)$, entonces la tasa anual de consanguinidad esperada en las majadas experimentales fue aproximadamente $\Delta F_a = 1/(2 \times 59,1 \times 3,25) = 0,0026$ o 0,26%, una tasa considerada aceptable al inicio del experimento ya que se calculaba una depresión en la tasa reproductiva de un punto porcentual por cada punto porcentual de incremento de consanguinidad. En los 20 años planificados originalmente esa tasa implicaba un 5,2% ($20 \times 0,26\%$) de reducción en la tasa reproductiva al finalizar la experiencia. Eventuales efectos de deriva génica no fueron discutidos en ese momento. Salvo durante los 45 días que duraba el servicio y la parición, el Núcleo y el Testigo se manejaron en conjunto todo el año. Durante el servicio y la parición no hubo preferencias de manejo para alguna de las dos majadas.

Objetivos y criterios de selección

Majada Testigo: Los animales fundadores de las majadas Testigo y Núcleo fueron elegidos aleatoriamente entre los animales disponibles. La majada Testigo fue cerrada a genes externos en los 28 años de la experiencia. La asignación de reemplazos siempre fue al azar entre los animales disponibles y se realizaba al destete. Todos los corderos machos y hembras se hacían pasar por una manga y los primeros 5 machos y las primeras 50 hembras que pasaban eran retenidas como reemplazo de carneros y ovejas viejas. Esos números podían tener pequeñas variaciones en función de las necesidades para mantener la cantidad total de animales planificada. En los primeros años se aceptaron animales fuera de estándar racial, criterio que se relajó con el tiempo excluyendo animales con pigmentaciones en zona de crecimiento de lana por la contaminación que generaban al lote de lana del establecimiento. También se descartaron animales con problemas sanitarios o reproductivos serios. Aparte de estos casos no se descartaron animales inferiores o con otros defectos. Con el tiempo el número de ovejas de la majada Testigo se redujo de 250 a 200 y se aumentó el número de carneros de 10 a 20 para de esa manera reducir costos y aumentar el tamaño efectivo de 59,1 a 104.

Majada Núcleo: El objetivo de mejora genética del Núcleo fue maximizar la respuesta económica en la progenie de los animales seleccionados a través de mejoras en el peso corporal, el peso de vellón limpio y la finura de la lana. La importancia relativa asignada a cada rasgo no fue constante en el tiempo. Por ejemplo, el énfasis en finura de la lana fue en aumento como también lo fue el énfasis en la calidad visual de la lana. El criterio de selección fue un índice de selección basado en mediciones de peso corporal, peso de vellón limpio y promedio de diámetro de fibra a la primera esquila además de una inspección visual que implicaba un descarte entre el 10 y 20% de los animales independientemente de su índice de selección.

Los reemplazos de ovejas viejas se realizaron siempre en base a borregas nacidas en el propio Núcleo y seleccionadas por índice y calidad visual. Los reemplazos de carneros tuvieron 3 periodos diferentes. El primer periodo duró 9 servicios (1984-1992) durante

el cual los carneros viejos fueron reemplazados por borregos nacidos en el propio Núcleo seleccionados por índice y calidad visual. El segundo periodo duró 8 servicios (1993-2000) durante el cual el Núcleo fue utilizado parcialmente para evaluar carneros a través de su progenie (Mueller, 1991). Los carneros en prueba eran elegidos por criadores de la raza por ser padres de cabaña o por ser candidatos a serlo. El tercer periodo duró 11 servicios (2001-2011) durante el cual hubo algunas introducciones de padres importados (su semen) elegidos por finura de su lana. La selección en este periodo fue con énfasis en reducción de PDF.

Registros de producción

Registros en corderos/as: Durante la parición de las ovejas de ambas majadas se tomaron los pesos de los corderos recién nacidos (PCN) y se registró la fecha y el tipo de nacimiento (simple o múltiple). En algunos años no hubo ese control de parición y el tipo de nacimiento se determinó durante la lactancia de las ovejas separando a todos los corderos de sus madres y, luego de unas horas, controlando la reunión de corderos individuales con su madre. En estos casos también se determinó una fecha de nacimiento promedio en función de la fecha de servicio. Todos los corderos volvieron a ser pesados al destete. Los pesos al destete fueron ajustados a 120 días tal que el peso al destete ajustado $PCD = 120 \times (PCD_{registrado} - PCN) / edad + PCN$.

Registros en borregos/as: En ambas majadas a la primera esquila se registró el peso de vellón (sin barriga ni pedazos) y se pesaron los borregos con al menos 6 horas de desbaste. Se colectaron muestras de lana extraídas de la zona del costillar izquierdo del vellón. A tal fin, las zonas de muestreo del vellón eran tizadas antes de la esquila. Las muestras de unos 100 g eran envasadas individualmente con su identificación en bolsitas de nylon para preservar la humedad natural y enviadas al Laboratorio de Lanas del INTA Bariloche. La última camada de borregos con registros fue la nacida en el año 2009.

Registros sobre calidad visual fueron tomados sistemáticamente en borregos/as nacidos en los años 2002-2004. La evaluación se realizó siguiendo los procedimientos acordados por la Asociación Argentina Criadores de Merino (AACM) e INTA en pruebas de progenie centralizadas (Mueller et al, 2009). Con al menos 6 meses de crecimiento de lana los borregos fueron inspeccionados por un inspector habilitado por la AACM determinando para características de la lana (Suavidad, Uniformidad, Carácter, Densidad y Mecha), del cuerpo (Cabeza, Cuerpo y Pigmentación) y una evaluación final general (Categoría) animales inferiores, normales y superiores con puntajes de 1 a 3, respectivamente.

Registros en carneros: Los machos nacidos entre 1993 y 2008 de ambas majadas fueron controlados en su segunda esquila con registros de peso corporal, peso de vellón y resultados de análisis de muestras de lana obtenidos con la misma metodología que en la categoría anterior.

Registros en ovejas: Las hembras adultas (2 a 6 años de edad) de ambas majadas fueron controladas en la esquila preparto desde 1984 a 2010. A los fines de determinar progreso genético, las ovejas adultas de los primeros años no aportaron información ya que nacieron antes del comienzo del ensayo. Por ejemplo, en la esquila de 1984 las ovejas de ambas majadas habían nacido en los años 1978 a 1982. Considerando que la edad promedio de ovejas es de 4 años se decidió utilizar los registros de ovejas a partir de la esquila de 1988 y finalizar el primer período de análisis en el año 1997, considerar el segundo período de 1998 a 2004 y el tercero de 2005 a 2010. Al igual que en las otras categorías de animales esquilados se registraron pesos de vellón y resultados de análisis de lana, además del peso corporal.

Análisis de muestras de lana

Las muestras de lana se analizaron en el Laboratorio de Lanas del INTA Bariloche siguiendo las normas IWTO correspondientes. Para la determinación del diámetro promedio de fibras (PDF) se utilizaron diferentes instrumentos a través del tiempo, hasta 1998 se utilizó un "Air Flow", desde 1999 hasta 2006 se utilizó un "Laserscan" y desde entonces un "OFDA". Cabe aclarar que los tres instrumentos generan resultados similares en lo referido al PDF, pero los últimos dos también generan estadísticos de distribución de los diámetros de fibra (CV del diámetro de fibras y porcentaje de fibras con diámetro menor a 30 μm o factor de confort). A partir del año 2000 se midió también el largo de mecha y la resistencia a la tracción de la lana con un instrumento "Agritest". El Cuadro 1 muestra los

Cuadro 1. Rasgos, abreviaturas y métodos de determinación.

Table 1. Traits analysed, acronyms used and measurement method.

Rasgo	Abreviatura	Unidad	Método
Peso corporal al destete	PCD	kg	Balanza (0,1 kg)
Peso corporal	PCE	kg	Balanza (0,1 kg)
Peso de vellón sucio	PVS	kg	Balanza (0,1 kg)
Rinde al lavado	RIN	%	AS/NZS (1999)
Peso de vellón limpio	PVL	kg	PVS*RIN/100
Promedio de diámetros de fibras	PDF	μm	IWTO 28 (2013) IWTO 12 (2012) IWTO 47 (2013)
Coeficiente de variación de PDF	CVF	%	IWTO 12 (2012) IWTO 47 (2013)
Factor de confort	FC	%	IWTO 12 (2012) IWTO 47 (2013)
Largo de mecha	LM	mm	IWTO 30 (2007)
Resistencia a la tracción	RT	N/ktex	IWTO 30 (2007)

rasgos medidos, los métodos usados para su determinación y las abreviaturas para los rasgos utilizadas en el texto.

Análisis estadístico

Progreso genético: Para todas las características medidas, el progreso genético fue calculado como la pendiente de la regresión lineal de diferencias porcentuales entre Núcleo y Testigo en cada uno de los tres períodos y en el conjunto de los tres períodos. Se prefirió utilizar porcentuales en lugar de valores absolutos a los fines de evitar sesgos de escala que pueden ocurrir con variaciones ambientales anuales. Si N_i es el promedio de performance en un rasgo del Núcleo en el año i y T_i es el promedio de performance del Testigo en ese mismo año entonces se definió $Y_i = 100 \times (N_i - T_i) / T_i$, es decir la superioridad (o inferioridad) del Núcleo en términos porcentuales del Testigo en el año i . Figura 1 presenta un ejemplo de evolución de N_i , T_i , $(N_i - T_i)$ y Y_i a través de los años.

El modelo estadístico que describe diferencias porcentuales entre Núcleo y Testigo a través de los años es $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$ donde β_0 y β_1 son parámetros, X_i es el valor de la variable predictora (en el año i) y ε_i es el error aleatorio con esperanza = 0 y varianza = σ^2 . Los parámetros se estimaron con el criterio de minimizar la suma de cuadrados de error tal que la ecuación de predicción es $\hat{Y}_i = b_0 + b_1 X_i$ con varianza σ^2 que se estima a su vez con los datos como S^2 , la suma de cuadrados del error dividido el número de años (n) menos 2, es decir $S^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 / (n - 2)$ y desvío estándar o error típico $S = \sqrt{S^2}$. La varianza de b_1 es $S_{b_1}^2 = S^2 / \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$ y el desvío estándar de b_1 es $S_{b_1} = \sqrt{S_{b_1}^2}$ tal que el intervalo de confianza para la pendiente de la regresión es $b_1 \pm t_{\alpha, n-2} \times S_{b_1}$. Para testear la hipótesis nula de $\beta_1 = 0$, se calculó $t = b_1 / S_{b_1}$ que se distribuye como t de Student con $n - 2$ grados de libertad. Bandas de confianza fueron graficadas para las regresiones a partir de

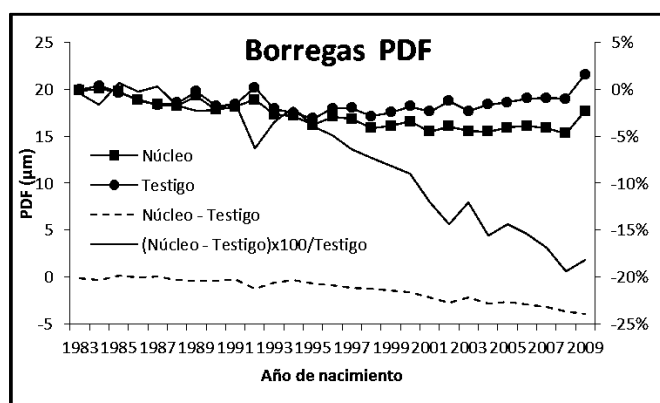


Figura 1. En el eje principal la evolución del promedio de diámetro de fibras (PDF) en el Núcleo, en el Testigo y la diferencia de PDF entre Núcleo y Testigo. En el eje secundario la diferencia de PDF entre Núcleo y Testigo en porcentaje del Testigo.

Figure 1. On main axis average fibre diameter (PDF) in nucleus, in control and difference of PDF in nucleus and control. On secondary axis is the difference in PDF between nucleus and control in percentage of control mean.

los intervalos de confianza para $\hat{Y}$ en cada año tal que para el año X_i el intervalo es $\bar{Y} + b_1(X_i - \bar{X}) \pm \sqrt{2 \times F_{\alpha, 2, n-2} \times S \times \left(\frac{1}{n} + (X_i - \bar{X})^2 / \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \right)}$ (Snedecor y Cochran, 1980). Para testear significancia de diferencias entre pendientes de regresiones independientes (por ejemplo, entre pendientes para cada sexo) se aplicó el método descrito por Steel y Torrie (1980). Promedios combinados de sexos se obtuvieron ponderando las regresiones con sus grados de libertad.

Para testear la significancia de diferencias de progreso promedio logrados en cada período en unidades originales se usaron los datos anuales de $(N_i - T_i)$. Los datos fueron analizados usando el procedimiento MIXED de SAS (2009) en modelos que incluyen el sexo del animal y el período del dato como efectos fijos y el año de nacimiento como efecto aleatorio. Luego se testearon las diferencias entre promedios de mínimos cuadrados de períodos sucesivos.

Diferencias finales: Se analizó la diferencia de desempeño entre Núcleo y Testigo en una serie de rasgos medidos y observados hacia el final del ensayo. Para ello se utilizaron datos de los últimos tres años obtenidos de corderos/as, borregos/as, ovejas y carneros. Los datos fueron analizados en modelos mixtos utilizando el procedimiento MIXED de SAS (2009). Los efectos incluidos en los modelos fueron los siguientes:

- En corderos/as para analizar PCD (corregido a 120 días): año de nacimiento (aleatorio), sexo y majada (fijos).

- En borregos/as para analizar PCE, PVS, RIN, PVL, PDF, CVF, FC, LM, RT, Suavidad, Carácter, Uniformidad, Densidad, Mecha, Cabeza, Pigmentación, Cuerpo y Categoría: año de nacimiento (aleatorio), sexo y majada (fijos).
- En ovejas para analizar PCE, PVS, RIN, PVL, PDF, CVF, FC, LM y RT: año de esquila (aleatorio), edad y majada (fijos).
- En carneros de segunda esquila para analizar PCE, PVS, RIN, PVL, PDF, CVF, FC, LM y RT: año de nacimiento (aleatorio) y majada (fijo).

Las diferencias entre Núcleo y Testigo en las proporciones de los animales calificados en cada una de las tres categorías de calidad visual con las proporciones esperadas en esas categorías se evaluaron mediante prueba de $\chi^2 = \sum_{i=1}^2 ((\text{observado} - \text{esperado})^2 / \text{esperado})$ con 1 grado de libertad.

En todos los análisis probabilidades menores a 0,05 ($\alpha = 0,05$) fueron consideradas estadísticamente significativas.

Resultados y Discusión

Progreso genético logrado en el primer período

El progreso genético en el primer período puede adjudicarse directamente a la selección dentro del propio Núcleo. Las tasas de progreso anual, promedio para ambos sexos, registradas en el primer período resultaron 0,68%, 0,31% y -0,50% para PCE, PVL y PDF, respectivamente (Cuadro 2). Estas tasas son menores a las esperadas en programas de selección por estos caracteres en forma independiente. Progreso genético anual en ese caso se puede predecir como $R = i \times CV \times h^2 / L$. Donde i es la intensidad de selección promedio de machos y hembras, CV y h^2 son el coeficiente de variación y la heredabilidad del rasgo y L el intervalo generacional. Según el diseño original del Núcleo, en el primer período, $L = 3,25$ y suponiendo que las 50 borregas y los 5 borregos de reemplazo se seleccionan de un total de 100 candidatos de cada sexo entonces para un rasgo de distribución normal, la intensidad de selección promedio se obtiene de las propiedades de la curva normal de Gauss como $i = 1,43$. Entonces la respuesta anual a la selección de por ejemplo PDF, rasgo con $CV = 8\%$ y $h^2 = 0,45$, se predice como $R = -1,43 \times 8\% \times 0,45 / 3,25 = -1,45\%$. El signo negativo indica que se seleccionan animales con lana más fina. Esta tasa de progreso es muy superior a la tasa de -0,50% obtenida en el primer período del ensayo y del mismo modo lo serían las tasas para PCE y PVL.

El Núcleo fue seleccionado por un índice que incluye PCE, PVL y PDF por lo que la intensidad de selección por cada rasgo fue menor a la intensidad posible de concentrarse la selección en un solo rasgo. La teoría de índices de selección permite predecir el progreso en cada rasgo a partir de parámetros genéticos, parámetros fenotípicos y el énfasis asignado a cada rasgo (Falconer, 1981). Aplicando parámetros y ponderaciones económicas

Cuadro 2. Progreso genético, como regresión de diferencias entre Núcleo y Testigo (en porcentaje de Testigo), en diferentes períodos ($\pm$ desvío estándar y significancia estadística).

Table 2. Genetic progress, as regression of differences between Nucleus and Control (in percent of Control), in different periods ($\pm$ standard deviation and statistical significance).

Rasgo	Categoría	Período I	Período II	Período III	Período total	Período total ⁽¹⁾
Peso corporal	Borregos	0,75 $\pm$ 0,52n.s	0,08 $\pm$ 0,89n.s	0,13 $\pm$ 0,77n.s	0,13 $\pm$ 0,13n.s	* 0,35 $\pm$ 0,15
	Borregas	0,61 $\pm$ 0,26*	0,55 $\pm$ 0,62n.s	0,01 $\pm$ 0,48n.s	0,58 $\pm$ 0,08*	
Peso de vellón limpio	Borregos	0,25 $\pm$ 0,61n.s	1,25 $\pm$ 1,07n.s	1,26 $\pm$ 1,88n.s	0,35 $\pm$ 0,26n.s	n.s. 0,37 $\pm$ 0,32
	Borregas	0,37 $\pm$ 0,64n.s	1,19 $\pm$ 0,81n.s	0,52 $\pm$ 0,99n.s	0,38 $\pm$ 0,18*	
Promedio de diámetros de fibras	Borregos	0,55 $\pm$ 0,27n.s	0,87 $\pm$ 0,44n.s	0,11 $\pm$ 0,31n.s	-0,72 $\pm$ 0,07*	n.s. -0,74 $\pm$ 0,08
	Borregas	-0,45 $\pm$ 0,17*	-0,96 $\pm$ 0,12*	-0,82 $\pm$ 0,16*	-0,77 $\pm$ 0,05*	
Peso corporal	Carneros	s.d.	1,00 $\pm$ 0,89n.s	0,76 $\pm$ 0,52n.s	0,14 $\pm$ 0,25n.s	n.c.
	Ovejas	1,43 $\pm$ 0,50*	1,95 $\pm$ 1,04n.s	1,84 $\pm$ 0,91n.s	0,73 $\pm$ 0,16*	
Peso de vellón limpio	Carneros	s.d.	0,22 $\pm$ 1,57n.s	1,32 $\pm$ 0,58n.s	0,50 $\pm$ 0,39n.s	n.c.
	Ovejas	1,28 $\pm$ 0,39*	3,49 $\pm$ 1,30*	1,56 $\pm$ 1,60n.s	1,53 $\pm$ 0,20*	
Promedio de diámetros de fibras	Carneros	s.d.	1,11 $\pm$ 0,45n.s	0,37 $\pm$ 0,33n.s	-1,12 $\pm$ 0,15*	n.c.
	Ovejas	-0,42 $\pm$ 0,14*	-1,37 $\pm$ 0,42*	1,47 $\pm$ 0,70n.s	-0,74 $\pm$ 0,09*	

⁽¹⁾ Período total con sexos combinados. En esta columna la significancia estadística se refiere a la diferencia de progreso genético entre sexos para el mismo rasgo; *p<0.05, n.s. no significativo; s.d. sin datos; n.c. no corresponde.

vigentes al inicio del ensayo (Mueller, 1985) la predicción del progreso para PCE, PVL y PDF fue 0,98%, 0,51% y -0,74%, respectivamente. Si además consideramos que la selección daba espacio a un descarte por calidad visual entre el 10 y 20% de los candidatos y que en la práctica hay mortandad de animales adultos y son necesarios más animales jóvenes como reemplazo por lo que la intensidad de selección es algo menor a la supuesta en los cálculos previos, se puede recalculer el progreso esperado en PCE, PVL y PDF como 0,83%, 0,43% y -0,62%, respectivamente. En este caso el progreso efectivamente logrado alcanza el 93, 82 y 91% del progreso esperado en PCE, PVL y PDF, respectivamente. Se puede concluir que el progreso logrado en el primer período se ajusta razonablemente a los valores esperados en la teoría. En particular considerando que los parámetros genéticos usados en los cálculos teóricos fueron tomados de la literatura y no precisamente de la población estudiada.

Progreso genético logrado en el segundo período

El segundo período estuvo marcado por la introducción de padres en prueba de progenie. La proporción de la progenie anual del Núcleo en ese período, producto de esos padres, fue aproximadamente el 50%. Algunos de estos animales a su vez fueron usados como reemplazo, tal que el impacto en el mejoramiento de las introducciones no

pudo ser aislado de otros padres usados. En este período hubo un aumento de la diferencia entre Núcleo y Testigo respecto al período anterior especialmente en PCE y PVL. La diferencia promedio para PCE pasó de 0,99 kg en el primer período a 2,74 kg en el segundo y para PVL pasó de 0,08 a 0,27 kg (Cuadro 3). Sin embargo, durante el segundo período las tasas de progreso fueron bajas o negativas (Cuadro 2). Esto indicaría que la introducción al Núcleo de los padres externos levantó inicialmente el nivel genético en los tres rasgos pero que los sucesivos padres probados en el período no fueron mejoradores.

Progreso genético logrado en el tercer período

El tercer período se basó en unas pocas introducciones de padres (que dejaron aproximadamente 30% de la progenie), algunos del tipo Merino superfino, y el uso de índices de selección que enfatizaban el afinamiento de la lana. Efectivamente, en el tercer período se produjo un aumento significativo de la diferencia en PDF entre Núcleo y Testigo al pasar de -1,02 μ m en el segundo a -2,75 μ m en el tercer período (Cuadro 3). A diferencia del período anterior, en el tercer período, el progreso genético en PDF de borregas y ovejas se mantuvo a través de los años (Cuadro 2). En este período se pudo observar claramente que se puede reducir sustancialmente PDF sin perder PCE y PVL, más bien lo contrario.

Cuadro 3. Diferencia promedio entre borregas/os del Núcleo y el Testigo en cada período ($\pm$ error estándar).**Table 3.** Average difference in hogget traits between nucleus and control in each period ($\pm$ standard error).

Rasgo	Período 1	Período 2 – Período 1	Período 2	Período 3 – Período 2	Período 3
Peso corporal (kg)	0,99 $\pm$ 0,36	1,75 $\pm$ 0,54 *	2,74 $\pm$ 0,41	0,23 $\pm$ 0,56 n.s.	2,97 $\pm$ 0,38
Peso de vellón limpio (kg)	0,08 $\pm$ 0,03	0,19 $\pm$ 0,04 *	0,27 $\pm$ 0,03	-0,10 $\pm$ 0,04 n.s.	0,16 $\pm$ 0,03
Promedio de diámetros de fibras (μ m)	-0,23 $\pm$ 0,12	-0,79 $\pm$ 0,17 *	-1,02 $\pm$ 0,13	-1,73 $\pm$ 0,18 *	-2,75 $\pm$ 0,12

* $p < 0,05$; n.s. no significativo.

Progreso genético logrado en el conjunto de los tres períodos

Al observar los tres períodos en conjunto (Figuras 3 y 4) y combinando ambos sexos el progreso es consistentemente favorable con 0,35%, 0,37% y -0,74% para PCE, PVL y PDF, respectivamente (Cuadro 2). Para PCE hubo diferencia estadísticamente significativa de progreso entre sexos (0,13% para machos y 0,58% para hembras) por ello el promedio combinado (0,35%) debe ser tomado con reservas. Una explicación de las diferencias de progreso entre sexos puede estar en los pocos borregos medidos en el testigo y la consecuente mayor variabilidad de promedios en esa categoría de animales. Por ello también las tasas de progreso observadas en borregas y ovejas son más confiables que las tasas de progreso en borregos y carneros.

Hacia el final del experimento las diferencias entre borregas/os del Núcleo y Testigo en los rasgos que integran el índice de selección usado fueron 6,8 kg en PCE, 0,11 kg en PVL y -3,3 μ m en PDF. En ovejas y carneros las diferencias a favor del núcleo fueron del mismo orden para PCE y PDF aunque para PVL fueron mucho mayores que en borregas/os (Cuadro 4). El potencial genético para PVL pareciera expresarse más a partir de la segunda esquila. La selección por PVL determinó una mejora en sus componentes, el PVS y el RIN y, como también era de esperar, el progreso en PDF mejoró el FC. Sin embargo, la selección visual por Suavidad y Uniformidad de la lana, si bien fue muy efectiva (Cuadro 5) no mejoró el CVF. Es probable que la suavidad otorgada por la finura de la lana prevaleciera en la evaluación subjetiva de Suavidad y Uniformidad. La diferencia entre majadas para RT de borregas/os y ovejas no resultó significativa estadísticamente, lo cual es un resultado positivo en consideración de la finura alcanzada en el Núcleo y la correlación genética positiva entre PDF y RT ($r_G = 0,32$ según Greeff et al, 2010). Las diferencias en LM desfavorables en borregas/os y favorables en carneros no tienen significancia comercial.

En resumen, las diferencias a favor del Núcleo en los dos productos principales que hacen al ingreso del productor como lo son la venta de carne y la venta de lana en cantidad y calidad son notorias. Visualmente la diferencia de promedios mínimos cuadrados de los puntajes entre majadas también es notable (Cuadro 5), en particular el rasgo Categoría que resume la impresión visual del clasificador de hacienda y determina el destino del animal. Las diferencias en proporciones de

borregos/as clasificados en superiores e inferiores resultaron significativas ($p < 0,05$) a favor del Núcleo en Suavidad, Uniformidad, Carácter, Densidad, Cabeza, Cuerpo, Cabeza y Categoría y no significativas en Mecha y Pigmentación. En base a los resultados en Categoría un inspector de la raza Merino descartaría como inferiores a más del 80% de borregos/as del Testigo y a menos del 20% de los borregos/as del Núcleo (Figura 4).

La experiencia no permitió la evaluación de los efectos de la selección sobre caracteres reproductivos. Durante los últimos dos períodos en la majada Testigo se usó una proporción mayor de carneros que en el Núcleo (aproximadamente 20/200 vs. 12/300) y en el Núcleo hubo servicios basados en sincronización de celos e inseminación con semen congelado (Cueto y Gibbons, 2004). Ambos tratamientos afectan a la tasa reproductiva impidiendo una comparación válida. Se requieren ensayos diseñados específicamente para determinar la relación de animales con diferente potencial genético en PCE, PVL y PDF con su tasa reproductiva. Otro aspecto que requiere más estudio es el efecto del plano nutricional sobre la respuesta a la selección que según McGuirk (1980) y Greeff et al (2010) puede ser dramático. Por ejemplo, Atkins (1997) observó en ensayos de alimentación controlada que la respuesta de selección por PVL es mayor cuanto mayor es el nivel nutricional. Cierta estancamiento de la respuesta a la selección en épocas relacionadas con baja disponibilidad de forraje fue observado por Rogan (1984). Ciclos de baja disponibilidad de forraje son habituales en el ambiente patagónico por lo que una comprobación del efecto de tales ciclos sobre la expresión de diferencias genéticas sería una información importante en programas de extensión del mejoramiento genético en la región.

En ese contexto también interesa estudiar y discutir las consecuencias en el sistema de producción de las diferencias en peso corporal entre líneas de selección, tanto en corderos como en adultos. En corderos es posible que mayores pesos corporales contribuyan a mayor sobrevivencia de recién nacidos y a menor terminación a igual edad de venta. En adultos interesa saber si animales más productivos requieren más forraje. Utilizando animales del Testigo y el Núcleo Mueller y Carlino (2010) observaron que el Núcleo tiene mayor eficiencia de conversión de forraje en lana y que esa eficiencia era mayor a bajo nivel de alimentación

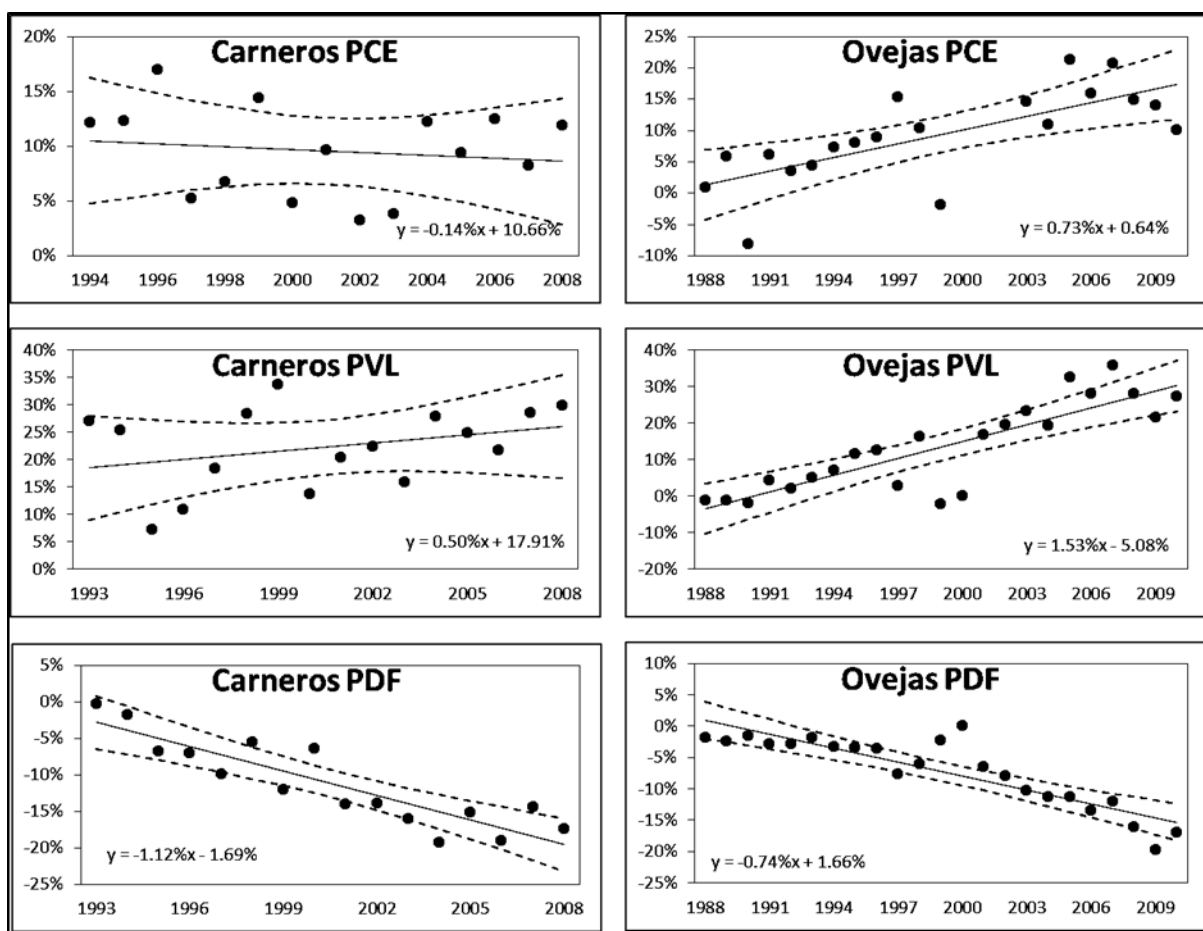


Figura 3. Progreso genético (en porcentaje de Testigo) de peso corporal a la esquila (PCE), peso de vellón limpio (PVL) y promedio de diámetro de fibra (PDF) por año de nacimiento en carneros de segunda esquila y por año de esquila en ovejas adultas. En promedio el 95% de las bandas de confianza (líneas de guiones) incluyen toda la verdadera línea de regresión (Steel y Torrie, 1980).

Figure 3. Genetic progress (in percentage of control) in body weight at shearing (PCE), clean fleece weight (PVL) and average fibre diameter (PDF) at second shearing by year of birth of rams and by year of shearing in adult ewes. On average 95% of confidence bands (in dashed lines) include the whole regression line (Steel and Torrie, 1980).

que a alto nivel de alimentación. También observaron que la eficiencia de conversión en unidades de peso metabólico era similar en Núcleo y Testigo. Estos autores concluyeron que la cría de lanares mejorados genéticamente es beneficiosa en el rango de los niveles de alimentación típicos del norte de la Patagonia, permitiendo mantener la producción de lana actual con menos animales o permitiendo aumentar la producción de lana sin aumentar el número de animales.

Supuestos en el método de estimación de progreso genético

La estimación de progreso genético a través de la progresiva diferencia del Núcleo con el Testigo supone que no haya habido cambios genéticos en el Testigo a través de los años. En el diseño de la majada Testigo se

buscó minimizar posibles cambios genéticos sistemáticos y aleatorios. Cambios sistemáticos pueden ocurrir si en la población fundadora hubo selección intensa previa, que haya acumulado efectos epistáticos favorables, que al relajarse puedan implicar pérdidas de combinaciones favorables y la consiguiente pérdida de performance en esa población. Un testigo de esas características provocaría una sobreestimación de las diferencias con la línea seleccionada (James, 1987). Del mismo modo puede influir en el testigo consanguinidad acumulada previamente. En la presente experiencia no hay evidencias de tales cambios genéticos previos. Otros cambios genéticos sistemáticos fueron evitados a través de los procedimientos de aleatorización de reemplazos implementados.

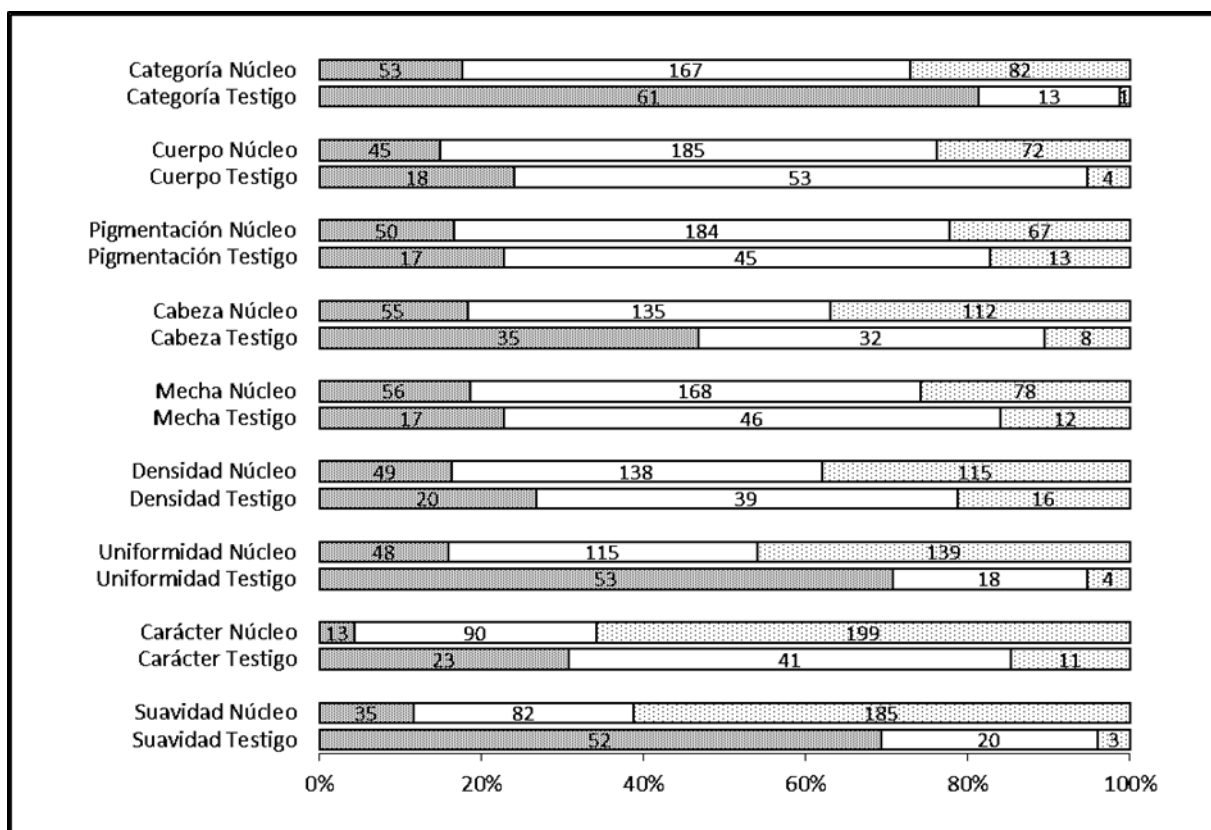


Figura 4. Clasificación visual de borregos/os del Núcleo y Testigo (nacidos 2002-2005). Proporción de animales clasificados inferiores en segmento de barras sombreado oscuro, animales normales en segmento de barra no sombreado y animales superiores en segmento de barra punteado (números de animales en los segmentos de cada barra). Las diferencias en proporciones inferiores y superiores son estadísticamente significativas ($p < 0.05$) a favor del Núcleo para todos los rasgos salvo para Mecha y Pigmentación en que no son significativas ($p \geq 0.05$).

Figure 4. Visual classing of ram and ewe hoggets of nucleus and control (born 2002-2005). Proportion of animals classed as inferior in dark shaded segment of bar, animals classed as normal in non-shaded segment of bar and superior animals in dotted segment of bar (number of animals indicated on segments of each bar). Differences in inferior and superior proportions are statistically different ($p < 0.05$) in favour of nucleus for all traits except for staple and pigmentation for which they are not ($p \geq 0.05$).

Cambios aleatorios ocurren por deriva génica. Al igual que la tasa de incremento de consanguinidad, la deriva génica se relaciona con el tamaño efectivo de la majada. Si la majada hubiese tenido igual número de machos que de hembras con progenie de igual probabilidad de ser reproductiva, entonces se puede probar que la varianza del promedio del valor de cría para un rasgo con varianza aditiva inicial V_A en réplicas de tal majada es V_A/N_e en una generación y tV_A/N_e en t generaciones, mientras t/N_e no sea muy grande (James, 1987). Si L es el intervalo generacional, el incremento de la varianza anual sería $V_A/N_e L$ tal que en y años el incremento acumulado es $yV_A/N_e L$. Si m es el número de machos y h el número de hembras nuevas usadas cada año entonces el incremento de la varianza o deriva génica en y años es $yV_A(1/4m + 1/4h)/L^2$. En el primer período del presente ensayo $m = 5$, $h = 50$ y $L = 3.25$, el incremento de la varianza alcanzó entonces un 4,7% en

9 años ($y = 9$). En los períodos siguientes (19 años) $m = 10$ por lo que se sumó un incremento del 5,4%. Para este nivel de deriva génica Hydenrych et al (1984) comprobaron estabilidad genética en una majada testigo.

Por cierto, también puede haber habido deriva génica en el Núcleo por lo que con el tiempo una parte importante de las diferencias entre Testigo y Núcleo podría ser aleatoria. Sin embargo este caso aplica solo para el primer período cuando el Núcleo estuvo cerrado y el incremento de varianza por deriva se restringió a nueve años ($y = 9$). En los siguientes dos períodos el Núcleo tuvo introducciones de padres que tienen que haber frenado tanto la deriva génica como la tasa de consanguinidad. Además, las diferencias genéticas finales entre Testigo y Núcleo fueron muy amplias como para que eventuales incrementos de varianza aditiva por deriva génica modifiquen las conclusiones.

Cuadro 4. Diferencias genéticas entre Núcleo y Testigo últimos tres años de datos (promedio de mínimos cuadrados $\pm$ error estándar).

Table 4. Average difference between nucleus and control in last three years of data (least squares means $\pm$ standard error).

Corderas/os Majada	n ⁽¹⁾	PCD (kg)								
Núcleo	306	27,5 $\pm$ 1,1								
Testigo	127	25,9 $\pm$ 1,2								
Diferencia		1,6 $\pm$ 0,4*								

Borregas/os Majada	n ⁽²⁾	PCE (kg)	PVS (kg)	RIN (%)	PVL (kg)	PDF (μ m)	CVF (%)	FC (%)	LM (mm)	RT (N/ktex)
Núcleo	530	43,5 $\pm$ 2,6	2,01 $\pm$ 0,12	72,6 $\pm$ 0,5	1,46 $\pm$ 0,10	16,1 $\pm$ 0,7	22,6 $\pm$ 1,2	99,4 $\pm$ 0,6	68,0 $\pm$ 1,0	37,2 $\pm$ 2,1
Testigo	203	36,7 $\pm$ 2,6	1,87 $\pm$ 0,13	72,1 $\pm$ 0,6	1,35 $\pm$ 0,10	19,4 $\pm$ 0,7	22,9 $\pm$ 1,2	97,2 $\pm$ 0,6	72,0 $\pm$ 1,2	37,7 $\pm$ 2,2
Diferencia		6,8 $\pm$ 0,6*	0,14 $\pm$ 0,03*	0,5 $\pm$ 0,4n.s.	0,11 $\pm$ 0,02*	-3,3 $\pm$ 0,1*	-0,4 $\pm$ 0,2n.s.	2,3 $\pm$ 0,2*	-3,9 $\pm$ 0,8*	-0,5 $\pm$ 0,8n.s.

Ovejas Majada	n ⁽³⁾	PCE (kg)	PVS (kg)	RIN (%)	PVL (kg)	PDF (μ m)	CVF (%)	FC (%)	LM (mm)	RT (N/ktex)
Núcleo	310	43,0 $\pm$ 0,6	3,89 $\pm$ 0,17	65,9 $\pm$ 0,5	2,57 $\pm$ 0,12	17,7 $\pm$ 0,8	22,3 $\pm$ 1,2	98,7 $\pm$ 1,1	88,9 $\pm$ 2,3	30,8 $\pm$ 1,5
Testigo	197	38,5 $\pm$ 0,6	3,20 $\pm$ 0,17	62,1 $\pm$ 0,5	1,99 $\pm$ 0,12	21,6 $\pm$ 0,8	22,1 $\pm$ 1,2	94,7 $\pm$ 1,1	87,9 $\pm$ 2,3	30,4 $\pm$ 1,5
Diferencia		4,5 $\pm$ 0,2*	0,69 $\pm$ 0,03*	3,8 $\pm$ 0,3*	0,58 $\pm$ 0,02*	-3,9 $\pm$ 0,1*	0,2 $\pm$ 0,1n.s.	4,0 $\pm$ 0,2*	1,1 $\pm$ 0,6n.s.	0,4 $\pm$ 0,4n.s.

Carneros Majada	n ⁽⁴⁾	PCE (kg)	PVS (kg)	RIN (%)	PVL (kg)	PDF (μ m)	CVF (%)	FC (%)	LM (mm)	RT (N/ktex)
Núcleo	224	63,2 $\pm$ 0,5	4,78 $\pm$ 0,04	66,3 $\pm$ 0,4	3,15 $\pm$ 0,03	17,5 $\pm$ 0,1	21,9 $\pm$ 0,2	99,9 $\pm$ 0,1	97,8 $\pm$ 0,8	28,9 $\pm$ 0,4
Testigo	22	57,9 $\pm$ 1,4	4,04 $\pm$ 0,13	61,8 $\pm$ 1,1	2,48 $\pm$ 0,08	21,0 $\pm$ 0,3	21,6 $\pm$ 0,5	96,0 $\pm$ 0,3	91,8 $\pm$ 2,5	33,6 $\pm$ 1,4
Diferencia		5,4 $\pm$ 1,5*	0,74 $\pm$ 0,14*	4,5 $\pm$ 1,2*	0,66 $\pm$ 0,09*	-3,5 $\pm$ 0,3*	0,3 $\pm$ 0,6n.s.	3,0 $\pm$ 0,3*	6,0 $\pm$ 2,6*	-4,7 $\pm$ 1,5*

(¹) Total corderas/os medidos nacidos en años 2007 a 2009; (²) Total borregas/os medidos nacidas en años 2007 a 2009; (³) Total ovejas medidas en las esquilas de los años 2008 a 2010; (⁴) Total carneros de segunda esquila nacidos en los años 2006 a 2008; *p<0,05; n.s. no significativo; Abreviaturas en el Cuadro 1.

Cuadro 5. Diferencias genéticas entre Núcleo y Testigo para rasgos de calidad visual en puntaje (de 1 = inferior a 3 = superior) (promedios de mínimos cuadrados $\pm$ error estándar).

Table 5. Genetic differences between nucleus and control in visually scored traits (1= inferior to 3= superior) (least squares means $\pm$ standard error).

Majada	n ⁽¹⁾	Suavidad	Carácter	Uniformidad	Densidad	Mecha	Cabeza	Pigmentación	Cuerpo	Categoría
Núcleo	302/3	2,51 $\pm$ 0,10	2,57 $\pm$ 0,06	2,28 $\pm$ 0,11	2,18 $\pm$ 0,16	2,05 $\pm$ 0,04	2,29 $\pm$ 0,12	2,19 $\pm$ 0,16	2,11 $\pm$ 0,04	2,14 $\pm$ 0,04
Testigo	78/3	1,39 $\pm$ 0,12	1,82 $\pm$ 0,08	1,26 $\pm$ 0,13	2,01 $\pm$ 0,18	1,95 $\pm$ 0,08	1,75 $\pm$ 0,14	1,97 $\pm$ 0,23	1,80 $\pm$ 0,07	1,16 $\pm$ 0,07
Diferencia		1,23 $\pm$ 0,09*	0,76 $\pm$ 0,08*	1,02 $\pm$ 0,10*	0,18 $\pm$ 0,09*	0,10 $\pm$ 0,09n.s.	0,54 $\pm$ 0,10*	0,22 $\pm$ 0,24n.s.	0,32 $\pm$ 0,08*	0,98 $\pm$ 0,09*

(¹) Total borregas/os nacidas en años 2002 a 2004; *p<0,05; n.s. no significativo.

Importancia del ensayo

Existen varios métodos para demostrar progreso genético por selección (James, 1987) y cuando se estableció el ensayo en Pilcaniyeu ya se conocía la teoría para calcular simultáneamente efectos fijos con propiedades BLUE y valores de cría con propiedades BLUP (Henderson, 1984) por lo que se podría haber demostrado eventual progreso genético en planteles con registros genealógicos y registros de producción apropiados. Sin embargo, en esa época, los planteles ovinos puros de pedigrí de la Argentina no usaban registros de producción ni hubieran estado dispuestos a compartir resultados de tendencia genética. Además esos resultados hubieran exigido a los criadores comprender o confiar en una metodología de evaluación de progreso genético compleja. Por ello, desde el punto de vista de la extensión, la demostración de progreso genético con las dos majadas fue acertada aunque desde el punto de vista del establecimiento de un plantel proveedor de carneros mejoradores para la región hubiese sido mejor establecer el Núcleo con los mejores animales disponibles y no con animales elegidos al azar.

En los primeros años de la experiencia las diferencias entre Núcleo y Testigo no fueron muy evidentes pero los informes periódicos sobre las mediciones de producción de las majadas experimentales despertaron el interés de los criadores y asesores quienes además tuvieron la oportunidad de observar en el campo que los procedimientos de pesada de vellón y recolección de muestras de lana no interferían significativamente en las tareas habituales de esquila. Con esta demostración y una estrategia de capacitación de criadores y extensionistas el uso de mediciones creció rápidamente y en 1991 el INTA y seis asociaciones de criadores de ovinos firman el convenio de creación del Servicio Nacional de Registros de Producción y Evaluación Genética de Ovinos denominado Provino. En ese año comenzaron las pruebas de progenie de padres de cabaña en Pilcaniyeu que, a partir de 1993, fueron parte del segundo período del experimento reportado aquí. En ese lapso se realizaron eventos anuales de difusión del mejoramiento genético de ovinos en Pilcaniyeu con la participación masiva de criadores, técnicos, funcionarios y estudiantes. La diferencia entre Núcleo y Testigo ya era notoria y la comparación de padres de cabaña a través de su progenie generó enorme interés en los registros de producción para la evaluación objetiva de ovinos.

Uno de los aspectos de mayor impacto del ensayo es la influencia que tuvo en el afinamiento de la lana Merino en el país. Aunque en los años 1990 ya existían señales de mercado a favor de lanas más finas, los criadores patagónicos consideraban imposible reducir PDF sin, al mismo tiempo, reducir PCE y PVL, asumiendo implícitamente una correlación genética positiva muy alta entre PDF y PCE y entre PDF y PVL. Esas correlaciones son positivas pero están en el rango 0,2-0,3 y en algunas poblaciones son incluso más bajas (Mueller et al, 2003). En el último período de este experimento quedó claramente demostrado que es posible afinar la lana y al mismo tiempo aumentar el peso de vellón y el peso corporal. Esta posibilidad por supuesto era esperada por los genetistas tanto teórica

como prácticamente (Greeff et al, 2010) pero no era obvia para los criadores hasta el momento en que en Pilcaniyeu pudieron observar animales con esas características. En ensayos específicos, usando datos del Núcleo y del Testigo, también quedó en claro que no había interacciones genotipo-ambiente que impidan la producción de lanas genéticamente más finas en condiciones patagónicas (Mueller et al, 2005a, b) y que en todo caso el ambiente afecta de modo similar a lanas superfinas y finas (Sacchero y Mueller, 2007). Esta información dio sustento y confianza a la difusión de los análisis de lana para el afinamiento de las lanas. A partir del año 2005 el proceso de afinamiento de la lana Merino argentina se hizo evidente (Provino, 2016) y el beneficio económico del mejoramiento genético que se disemina desde los planteles que adhirieron al servicio Provino entre los años 2004 y 2013 fue considerable (Mueller et al, 2016).

Conclusiones

Progreso genético por selección y por introducción de carneros fue comprobado en una majada comparada con otra no seleccionada. La experiencia demandó tiempo pero sus resultados y productos fueron elementos clave en la difusión del mejoramiento genético de ovinos en la Argentina.

Agradecimientos

Se agradece a muchas personas que colaboraron a través de los años en el manejo de los animales, en los registros de producción y en el análisis de muestras de lana. En particular se agradece a José María Garramuño encargado del campo experimental Pilcaniyeu durante gran parte del experimento.

Bibliografía

- AS/NZS. 1999. Wool –fleece testing and measurement; Method 2: Determination of washing yield and clean fleece weight. Preliminary draft, TX/012-0980, May 1999, Standards Australia / Standards New Zealand, Wellington.
- Atkins, K.D. 1997. Genetic improvement of wool production. En: Piper, L., Ruvinsky, A. (Eds.) The genetics of sheep. CAB International, p. 471-504.
- Blair, H.T. 1986. Response to 27 years of selection for yearling fleece weight. Proceedings Third World Congress on Genetics Applied to Livestock Production 12: 215-220.
- Blair, H.T. y Pollak, E.J. 1984. Estimation of genetic trend in a selected population with and without the use of a control population. Journal of Animal Science 58: 878-886.
- Cueto, M.I. y Gibbons, A.E. 2004. Eficiencia de la inseminación artificial con semen congelado en ovinos. Información, Desarrollo e Innovación Agropecuaria XXI Año 4 (7) 73-78.
- Falconer, D.S. 1981. Introduction to quantitative genetics. Second Edition. Longman, p. 294-300.
- Greeff, J., Kinghorn, B.P. y Brown, D. 2010. Breeding and selection. En: Cottle, D.J. (Ed.) International sheep and wool handbook. Nottingham University Press, UK, p. 165-188.
- Henderson, C.R. 1984. Application of linear models in animal breeding. University of Guelph Press, Guelph, Canada.

- IWTO 47 2013. International Wool Textile Organization Standard: Measurement of the Mean and Distribution of Fibre Diameter of Wool using an Optical Fibre Diameter Analyser (OFDA)
- IWTO 28 2013 International Wool Textile Organization Standard: Determination by the Airflow Method of the Mean Fibre Diameter of Core Samples of Raw Wool.
- IWTO 12. 2012. International Wool Textile Organization Standard: Measurement of the mean and distribution of fibre diameter using the Sirolan-Laserscan fibre diameter analyser.
- IWTO 30. 2007. International Wool Textile Organization Standard: Determination of staple length and staple strength.
- James, J.W. 1987. Methods of estimating genetic change. *In*: McGuirk, B.J. (Ed.) Merino improvement programs in Australia. Australian Wool Corporation, Melbourne, p. 147-156.
- McGuirk, B.J. 1980. Selection for wool production in Merino sheep. *En*: Robertson, A. (Ed.) Selection experiments in laboratory and domestic animals. CAB, p. 176-197.
- Mueller, J.P., Bidinost, F. y Taddeo, H.R. 2003. Parámetros genéticos en dos planteles Merino de la Patagonia. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 32: 161-172.
- Mueller, J.P. 1985. Implementación de planes de mejoramiento genético ovino. I. Objetivos de mejoramiento y criterios de selección. *Comunicación Técnica INTA Bariloche* Nro. PA 6, 9 p. <http://provino.com.ar/images/PDF/ct-006.pdf> (12/4/2016).
- Mueller, J.P. 1989. El INTA y la utilización de mediciones objetivas para la evaluación genética de ovinos. *In*: Sistemas cooperativos de comercialización de lanas. FECOLAN, p. 237-262. <http://provino.com.ar/images/PDF/Ct-021.pdf> (12/4/2016).
- Mueller, J.P. 1991. Esquema de evaluación genética de reproductores por prueba de progenie. *Comunicación Técnica INTA Bariloche* Nro. PA 178, 5 p. <http://provino.com.ar/images/PDF/Ct-178.pdf> (12/4/2016).
- Mueller, J.P. y Bidinost, F., Giraudo, C.G. 2005a. Interacción genotipo ambiente sobre la producción de lana superfina en la Patagonia. 1. Pesos corporales, pesos de vellón y sobrevivencia. *Revista Argentina de Producción Animal* 25: 53-61.
- Mueller, J.P. y Carlino, G. 2010. Efecto del nivel de alimentación sobre la productividad de lana de dos líneas genéticas de ovinos. *Revista Argentina de Producción Animal* 30: 143-157.
- Mueller, J.P., Giovannini, N. y Bidinost, F. 2016. Efectos ambientales en la producción de una majada Merino de la Patagonia. *Revista Argentina de Producción Animal* 36 (1): 19-29.
- Mueller, J.P., La Torraca, A., González, M. y Epper, C. 2009. Evaluación genética de reproductores Merino en central de prueba de progenie. INTA - Asociación Argentina Criadores de Merino, 19 pp. <http://www.merino.org.ar/2013/upload/InformeN15tapaytexto.pdf>
- Mueller, J.P., Sacchero, D.M. y Duga, L. 2005b. Interacción genotipo ambiente sobre la producción de lana superfina en la Patagonia. 2. Calidad de lana. *Revista Argentina de Producción Animal* 25: 143-152.
- Mueller, J.P., Vozzi, P.A., Giovannini, N. y Álvarez, J.M. 2016. Beneficio del mejoramiento genético de ovinos en la Argentina. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*. <http://ria.inta.gov.ar/wp-content/uploads/2016/11/Muller1-castellano-3.pdf>
- Provino. 2016. Catálogo de padres Merino Astado, marzo 2016. <http://provino.com.ar/images/PDF/Cat%C3%A1logo%20padres%20Merino%20Astad%C3%A1%20marzo%202016.pdf> (12/4/2016).
- Rogan, I. 1984. Selection for wool production. *In*: Hofmeyr, J.H. y Meyer, E.H.H. (Eds.) Proceedings of the 2nd world congress on sheep and beef cattle breeding, 16-19 April 1984, Pretoria, South Africa. South African stud book and livestock improvement association, p. 367-378.
- Sacchero, D.M. 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 otra no seleccionada. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 36: 49-61.
- Sacchero, D.M., Willems, P. y Mueller, J.P. 2010. Perfiles de diámetro de fibra en lanas parto de ovejas Merino. 1. Estudio comparativo de líneas genéticas. *Revista Argentina de Producción Animal* 30: 31-42.
- SAS. 2009. SAS/STAT User's Guide. Version 9.0. SAS Institute, Cary, NC.
- Snedecor, G.W. y Cochran, W.G. 1980. Statistical methods. Seventh Edition. The Iowa State University Press, Ames, p. 165.
- Steel, R.G.D. y Torrie, J.H. 1980. Principles and procedures of statistics. A biometrical approach. Second Edition. McGraw Hill, p. 258-260.