

## Efecto del nivel de alimentación sobre la producción de lana de dos líneas genéticas de ovinos

*Effect of nutritional level on wool production of two sheep strains*

**Mueller<sup>1</sup>, J.P. y Carlino, G.**

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Bariloche

---

### Resumen

A los fines de estudiar si ovinos genéticamente más productivos son también más eficientes en la conversión de alimento en lana y si esa eficiencia se mantiene en diferentes ambientes nutricionales se realizó un ensayo con dos líneas Merino sometidas a dos niveles de alimentación. Un total de 40 ovejas de 2,5 años de edad de una línea seleccionada por peso corporal, peso de vellón y finura de lana y 40 ovejas de una línea sin selección, fueron alimentadas durante 6 meses con dos niveles de alimentación (Alto y Bajo) que representan el rango de condiciones posibles en el norte de la Patagonia. El nivel de alimentación Alto se fijó en 1,5 raciones de mantenimiento con 14,4% de proteína bruta y el nivel Bajo en 0,8 raciones con 6,7% de proteína bruta. Se monitoreó la evolución del peso corporal y la evolución de la condición corporal semanalmente. Las ovejas fueron esquiladas al comienzo y al final del tratamiento nutricional. Se registró el peso de vellón final y sobre una muestra de lana de ese vellón se determinó el rinde al lavado y el promedio de diámetros de fibra. La línea seleccionada produjo más lana que la testigo tanto en el nivel Bajo de alimentación como en el nivel Alto (27% y 20%, respectivamente). Se calculó la eficiencia de conversión en lana de: materia seca, materia orgánica y proteína digestible, para los 4 grupos de ovejas. A Bajo nivel de alimentación la línea seleccionada resultó más eficiente en convertir materia seca y proteína digestible en lana que la línea testigo (8,44 vs 7,63 g lana/kg materia seca y 211,9 vs 190,6 g lana/kg proteína digestible, respectivamente). Para el tratamiento Alto no hubo diferencias significativas en eficiencia de conversión entre líneas. Calculando la producción de lana por unidad de peso corporal ó unidad de peso metabólico no hubo diferencias entre líneas genéticas, pero en este caso la producción de lana en esas unidades resultó mucho mayor (aproximadamente 50%) en el tratamiento Alto de alimentación que en el Bajo, sugiriendo que a menor nivel nutricional la producción de lana cede ante los requerimientos para el mantenimiento del peso corporal. Se concluye que la cría de lanares mejorados genéticamente es beneficiosa en el rango de ambientes destinados a su crianza en el norte de la Patagonia, permitiendo mantener la producción de lana actual con menos animales ó permitiendo aumentar la producción de lana sin aumentar el número de animales.

**Palabras clave:** ovinos, interacción genotipo ambiente, selección, eficiencia de conversión, lana.

Recibido: febrero de 2010

Aceptado: julio de 2010

1. Departamento de Producción Animal, INTA EEA Bariloche, C.C. 277, San Carlos de Bariloche, (8400) Río Negro, Argentina. Email: [jmueller@bariloche.inta.gov.ar](mailto:jmueller@bariloche.inta.gov.ar)

## Summary

With the aim of studying whether genetically more productive sheep are also more efficient in converting feed into wool, and if that efficiency is maintained in different environmental conditions, an experiment was carried out with two Merino strains receiving two different nutritional levels. A total of 40 ewes aged 2.5 years taken from a strain selected during 17 years for high body weight, high fleece weight and low fiber diameter, and 40 ewes were taken from another strain without selection. The animals were fed during 6 months at two nutritional levels (High and Low), representing the range of possible conditions in northern Patagonia. The High nutritional level was set to 1.5 of the maintenance requirements and 14.4% crude protein content in the feed, whereas the Low nutritional level was set to 0.8 of the maintenance requirements and 6.7% crude protein content. Body weights and body condition scores were monitored weekly. Ewes were shorn at the beginning and at the end of the nutritional treatment. Final fleece weight was recorded and a fleece sample was tested for clean yield and average fiber diameter. The selected line produced more wool at both, Low and High feeding levels (27% y 20%, respectively). Feed conversion into wool was calculated for dry matter, organic matter and digestible protein for the 4 groups of animals. At the Low feed level the selected line was more efficient ( $p < 0.05$ ) in converting dry matter and digestible protein into wool than the control line (8.44 vs. 7.63 g wool/kg dry matter and 211.9 vs. 190.6 g wool/kg digestible protein, respectively). No difference between lines was detected in feed conversion at the High level of feed when wool production was calculated in units of body weight or in units of metabolic body weight. However, wool production was much higher for the High treatment (approximately 50%) as compared to the Low treatment, suggesting that at a low nutritional level wool production gives way to maintenance requirements. It is concluded that breeding of genetically improved sheep is beneficial in the range of environments used for sheep production in northern Patagonia, which in turn allows maintaining present wool production with less sheep, or more wool production with present sheep numbers.

**Key words:** sheep, genotype environmental interaction, selection, conversion efficiency, wool.

## Introducción

La cría y el mejoramiento genético de lanares en la Patagonia argentina apuntan al logro de animales de buen peso corporal y producción de lana de calidad, adaptados a las condiciones climáticas y a los sistemas de producción imperantes en la región. Se ha comprobado que hay diferencias genéticas importantes entre majadas generales y particularmente, entre algunos plantales proveedores de carneros y también se ha comprobado progreso genético en planes de selección en esas características. Por ejemplo una línea genética Merino seleccionada durante 10 años por alta producción y calidad de lana supera a una línea testigo, representativa de majadas corrientes, sin mejora genética, en 11% de peso de vellón limpio y 5% de finura de la lana (Mueller, 2001). Se ha registrado también que la diferencia entre un plantel sujeto a selec-

ción e introducción de padres y una majada sin mejoramiento es de 28% en peso de vellón limpio, -2,7  $\mu\text{m}$  en finura de la lana y 16% en peso corporal para ovejas adultas a favor de los seleccionados (Mueller, 2006, sin publicar). El interrogante es si esa mejor producción se mantiene en los diferentes ambientes y sistemas de producción y si la mayor producción de las líneas genéticas seleccionadas está acompañada, en forma paralela, por un mayor consumo de forraje o si son más eficientes en la conversión del alimento en lana. En particular interesa saber si animales más productivos consumen más forraje y si mantienen, o no, la eficiencia de conversión de forraje en producto en diferentes condiciones de producción, como las que suceden en ambientes de clima variable y oferta forrajera limitada.

No hay investigaciones sobre el tema en la Patagonia pero en otras regiones se ha comprobado que ovinos de mayor producción de lana también son más eficientes en la conversión de forraje en lana (Butler y Maxwell, 1984). Ensayos realizados en Australia demostraron que las diferencias de producción de lana entre líneas genéticas aumentan con el incremento de la oferta forrajera (Williams, Robards y Saville, 1972; Atkins, 1988) lo que implica que a baja oferta forrajera las diferencias genéticas pueden no tener la importancia esperada. Desde otro punto de vista es posible que el aprovechamiento de líneas genéticas más productivas se justifica sólo cuando es posible además, ofrecer mayores niveles de alimentación. Información sobre producción y consumo a distintos niveles alimentarios permitiría modelar sistemas de utilización de germoplasma superior y acompañar las propuestas de mejoramiento genético con recomendaciones sobre los requerimientos de alimentación. Con el propósito de estudiar posibles interacciones genético-ambientales en lanares se diseñó un ensayo con dos líneas genéticas de diferente capacidad de producción en dos niveles de alimentación controlada.

## **Materiales y Métodos**

### *Líneas genéticas*

Se utilizaron ovejas de raza Merino de dos majadas, una majada seleccionada y otra majada no seleccionada. Ambas majadas se formaron en 1984 a partir de la majada general que existía en el Campo Experimental INTA Pilcaniyeu, ubicado en el noroeste de la Provincia de Río Negro. En esa fecha ovejas y carneros fueron separados al azar en dos majadas, una majada fue seleccionada por alto peso de vellón limpio (producto del peso de vellón y el rinde al lavado de esa lana), alto peso corporal y bajo diámetro de fibras. La otra majada no fue sujeta a selección y sus reemplazos fueron tomados al azar de la misma majada. La majada seleccionada tuvo introducciones de carneros de otros planteles. Los animales de la majada seleccionada

acumularon 17 años de selección y mejoramiento genético, mientras que los animales nacidos en la majada testigo mantuvieron teóricamente el nivel genético de la majada original. Los animales de la línea genética seleccionada son parte de un núcleo productor de padres de influencia genética en la región y los animales de la majada testigo pueden representar a aquellos animales de productores que no tienen la posibilidad o no se preocupan, por el mejoramiento de su majada.

De ambas majadas se tomaron para esta experiencia 40 hembras de 4 dientes (2,5 años de edad, nacidas en octubre de 2001), que habían criado un cordero en el año anterior y no presentaban condición corporal extrema. En las dos esquilas previas al comienzo del ensayo las 40 hembras de la majada seleccionada produjeron 20,6% y 24,1%, respectivamente, más lana limpia que las 40 hembras de la majada testigo criadas en el mismo campo, pero además tuvieron lana más fina y mayor peso corporal (Cuadro 1).

Las 40 ovejas de cada línea genética fueron asignadas al azar a dos tratamientos nutricionales. El 15 de marzo de 2004, todas las ovejas fueron esquiladas y encerradas en 4 corrales de 5x16 m con bebederos y comederos, uno por cada combinación de grupo genético y tratamiento nutricional. A los fines de confirmar la eficacia del muestreo y asignación de animales a los tratamientos se verificó la homogeneidad de los pesos de vellón y pesos corporales de los animales dentro de líneas genéticas ( $p > 0,05$ ). Los animales se mantuvieron en los corrales por 182 días, hasta el 17 de septiembre, fecha en la cual se esquilieron y finalizó el ensayo.

### *Tratamientos*

Se eligieron dos tratamientos nutricionales que representan extremos razonables en calidad y cantidad de forraje disponible en pastizales de la región ecológica de Sierras y Mesetas Occidentales de la Patagonia en los meses de invierno, período crítico de disponibilidad forrajera. El tratamiento nutricional "Alto" representa campos con pastizales en

**Cuadro 1:** Diferencias en caracteres de producción entre dos líneas genéticas.

**Table 1:** Difference in production traits of two strains.

Característica	Línea genética seleccionada (n=40)		Línea genética testigo (n=40)	
	Primera esquila	Segunda esquila	Primera esquila	Segunda esquila
Peso de vellón limpio (kg)	2,11	2,16	1,75	1,74
Prom. diámetro fibras ( $\mu\text{m}$ )	15,2	17,8	17,6	20,5
Peso corporal (kg)	38,1	43,4	31,5	37,1

Las diferencias entre líneas genéticas para una misma esquila son significativas en los 3 caracteres ( $p < 0,05$ ).

excelente condición y una carga baja, y el tratamiento nutricional "Bajo" representa campos de regular condición de pastizal y una carga alta. A los fines de definir la calidad de la dieta de los tratamientos se utilizó la experiencia de Giraudo (2004, comunicación personal) quien midió en aproximadamente 70 campos de la región el nitrógeno fecal de ovejas al servicio, observando que el rango se extiende del 1% a casi 2%. Utilizando la equivalencia entre nitrógeno en dieta (Nd) y nitrógeno fecal (Nf):  $Nd = 0,26 + Nf * 0,8615$  (promedio de dos equivalencias citadas para ovinos por Holechek, Vavra y Arthun, 1982), entonces los tratamientos debían abarcar valores de 1,12 a 1,98% de nitrógeno en dieta, ó su equivalente de 7,0 a 12,4% de proteína bruta.

Para lograr experimentalmente este rango de calidades se eligió ofrecer a los animales del tratamiento "Alto" heno de alfalfa de mediana calidad, y para animales del tratamiento "Bajo", heno de mallín. Del análisis químico surgió que en términos de nitrógeno, la calidad del heno para el tratamiento Bajo resultó la deseada (1,1%) y que la calidad del heno del tratamiento Alto resultó algo mayor que el deseado (2,3%, Cuadro 2).

En cuanto a la cantidad de forraje se calculó una oferta que permitiría a los animales cubrir el 150% y 80% de sus requerimientos de mantenimiento en los tratamientos Alto y Bajo, respectivamente. Cabe señalar que la digestibilidad del heno de mallín estuvo dentro

del valor promedio mencionado por Somlo y Siffredi (1994) para la región.

El heno de alfalfa fue suministrado en forma molida en partículas de 14-30 mm para evitar el consumo selectivo y el heno de mallín fue suministrado entero, sabiendo que el grado de restricción no permitiría el consumo selectivo. Cada corral tuvo comederos lo suficientemente grandes para evitar la competencia por lo ofrecido. De todos modos la ausencia de competencia entre animales es un supuesto al no tener un control individual de la oferta forrajera.

#### *Determinación de requerimientos de alimentación*

Los requerimientos de forraje de los animales dependen del peso corporal, del estado fisiológico y de aspectos relacionados con el ambiente. En este caso el ensayo involucró animales y condiciones para los cuales no había mayores antecedentes. La asignación de forraje se realizó sobre la base de los siguientes supuestos:

1. El peso corporal promedio de las ovejas de la línea testigo al mes de mayo llegaría a 42 kg y el peso corporal promedio de las ovejas de la línea seleccionada a 50 kg.
2. El valor nutritivo de ambos forrajes se mantendría constante durante todo el ensayo.

**Cuadro 2:** Calidad del forraje usado en los tratamientos nutricionales.**Table 2:** Feed quality used for nutritional treatments.

Característica	Tratamiento Alto Heno de alfalfa	Tratamiento Bajo Heno de mallín
Composición taxonómica	93% <i>Medicago sativa</i> 6% <i>Carduus nutans</i> 1% <i>Brassica rapa</i>	96% <i>Juncus balticus</i> 1% <i>Eleocharis sp.</i> 1% <i>Centaurea sp.</i> 2% otras
Materia seca (%)	93	93
Materia orgánica (%)	82,8	88,2
Cenizas (%)	9,5	5,1
Pared celular (%):	39,3	69,3
Lignina (%)	5,7	3,8
Celulosa (%)	24,2	31,2
Hemicelulosa (%)	8,4	34,3
Nitrógeno (%)	2,3	1,1
Proteína bruta (%) <sup>1</sup>	14,4	6,7
Digestibilidad de materia seca (%) <sup>2</sup>	63,8	60,5
Valor energético (Mcal EM/kg) <sup>3</sup>	2,21	2,08

<sup>1</sup> Estimado como 6,25 x % de nitrógeno.

<sup>2</sup> Método Van Soest (1967).

<sup>3</sup> Estimado como 0.172 x digestibilidad de materia seca - 1.707 (Ecuación 1.12A en CSIRO, 2007) y convertido a Mcal EM/kg multiplicando por 0.239 Mcal/MJ.

- El requerimiento de mantenimiento para ovejas de 50 kg es de 2 Mcal de EM y 95 g de proteína por día (NRC, 1985).
- Entonces todas las ovejas, dentro de cada tratamiento, requieren  $2/50^{0,75}=0,11$  Mcal de EM por día y por kg de peso metabólico.
- A esos requerimientos se les sumó un 10% en concepto de actividad locomotora y otro 5% en concepto de requerimientos adicionales de animales que todavía deberían estar en crecimiento corporal (Giraud 2004, comunicación personal).

En el Cuadro 3 se resume la asignación forrajera en cada tratamiento, teniendo en cuenta los supuestos y los valores del Cuadro 2. Durante la época de servicio (13/5/04 al 31/5/04 y 8/6/04 al 6/7/04), se sumó un carne-

ro a cada corral por lo cual se adicionó cantidad de alimento necesaria para mantener la oferta forrajera planificada para cada tratamiento. Las ovejas de todos los tratamientos tuvieron un período de acostumbramiento a las dietas de 20 días.

#### *Determinación de la eficiencia de conversión*

La eficiencia de conversión alimentaria bruta se determinó como la relación entre la lana limpia producida y la materia seca (MS) ofrecida. También se calculó la relación entre la lana limpia producida y la materia orgánica digestible (MS x % de materia orgánica x % de digestibilidad de la MS) ofrecida. Por último, para estimar la eficiencia de uso de la proteína dietaria en la producción de lana, se relacionó la lana limpia producida con la proteína digestible (MS x % de proteína bruta

**Cuadro 3:** Asignaciones forrajeras por línea genética y tratamiento nutricional.**Table 3:** Feed assignment by strain and nutritional treatment.

Línea genética	Tratamiento	Tipo de forraje	Peso corporal supuesto (kg)	Peso metabólico (kg)	Requerimiento metabólico para mantenimiento + 15% (Mcal EM/día) <sup>1</sup>	Raciones diarias	Cantidad de forraje ofrecido por oveja (kg MS/día) <sup>2</sup>
Seleccionada	Alto	Alfalfa	50	18,8	2,30	1,5	1,56
Seleccionada	Bajo	Mallin	50	18,8	2,30	0,8	0,88
Testigo	Alto	Alfalfa	42	16,5	2,02	1,5	1,37
Testigo	Bajo	Mallin	42	16,5	2,02	0,8	0,78

<sup>1</sup> Peso metabólico x 0,11 Mcal EM/día y por kg de peso metabólico + 15% en concepto de actividad voluntaria y crecimiento normal.

<sup>2</sup> Requerimientos x raciones / Valor energético del forraje (del Cuadro 2).

x % de digestibilidad de la MS) ofrecida. Para el cálculo de estas relaciones se utilizaron los pesos de vellón limpio individuales y los promedios de forraje ofrecido por grupo.

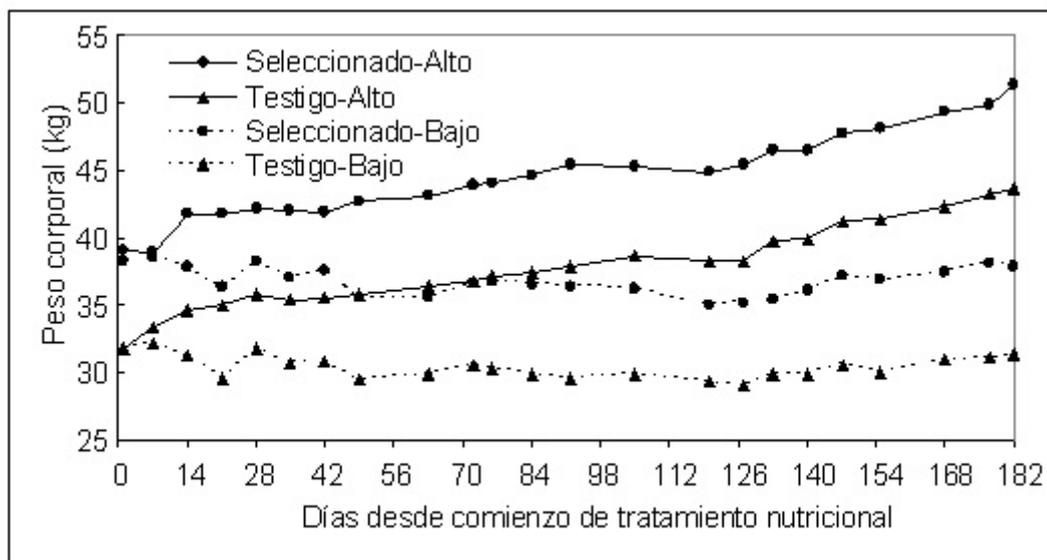
#### Registros de producción

A las 80 ovejas se les registró el peso corporal luego de 8 horas de ayuno y la condición corporal (Jefferies, 1961, cuya escala es de 0=extremadamente delgado a 5=extremadamente gordo) cada 8 días aproximadamente (23 veces en los 182 días). Al final del período de ensayo las ovejas fueron esquiladas y sus vellones pesados con barriga y sin pedazos. A cada vellón se le extrajo una muestra de 100 g de lana de la zona del costillar que fue remitida al laboratorio de lanas de INTA Bariloche donde se le determinó el rinde al lavado con 16% de recuperación de humedad según normas AS/NZS (1999), el diámetro medio de fibras y su coeficiente de variación con el instrumento Sirolan-Laserscan y normas IWTO 12 (1998) y el largo de mecha con el instrumento Agritest y normas IWTO 30 (1998). El peso de vellón limpio se calculó como el producto del peso de vellón sucio con el rinde al lavado determinado en la muestra.

#### Análisis estadístico

Todas las mediciones fueron analizadas con un modelo de efectos fijos debidos a la línea genética, el tratamiento nutricional, su interacción y un error experimental asumido como aleatorio con promedio cero. La significancia estadística se fijó en el 5%. La ganancia de peso diaria se calculó para cada animal como la pendiente de las pesadas periódicas sobre los días que duró el ensayo. Figura 1 indica que se justifica un ajuste lineal del crecimiento en este período, el grado de ajuste ( $R^2$ ) de la estimación lineal para ambos tratamientos con ganancia de peso resultó ser del 94%. Esta tasa de ganancia de peso incluye el peso de la lana sucia.

Para calcular la ganancia de peso neta (sin lana) se multiplicó la tasa de ganancia diaria de cada animal por el número de días en ensayo y al resultado se le restó el peso de vellón limpio correspondiente. Con las ganancias de peso netas y el total de forraje ofrecido promedio por combinación de línea genética y tratamiento, en el mismo período, se calcularon las eficiencias de conversión de forraje en carne con un modelo de análisis similar al anterior. La eficiencia de conversión de forraje en lana se calculó con los pesos de vellón



**Figura 1:** Evolución del peso corporal según línea genética y tratamiento nutricional.

**Figure 1:** Evolution of body weight by strain and nutritional treatment.

limpio individuales y el total de forraje ofrecido promedio por combinación de línea genética y tratamiento. Por otro lado se calculó la relación del peso de vellón limpio de cada animal y su peso promedio en el período del ensayo, y su correspondiente peso promedio metabólico. Este peso promedio es el peso promedio de las 23 pesadas y el peso promedio metabólico es ese peso elevado a la 0,75. El peso metabólico del grupo genético es promedio de los pesos metabólicos individuales incrementado en un 15% por actividad locomotora y crecimiento.

## Resultados

### Consumo de forraje

El control diario de los comederos indicó que no hubo desperdicio de forraje y que los animales de los 4 grupos consumieron todo el forraje ofrecido. Esto también indica que el tratamiento Alto no equivale a un tratamiento *ad libitum*. El Cuadro 4 presenta la oferta de materia seca, materia orgánica y proteína digestible por oveja.

### Evolución de peso corporal y condición corporal

El peso corporal promedio de las ovejas testigo (durante el período de ensayo en ambos tratamientos) fue de 34,1 kg y el peso corporal promedio de las ovejas seleccionadas fue de 40,7 kg, lo cual indica que el peso corporal promedio originalmente supuesto para el cálculo de las raciones, 42 y 50 kg en promedio, respectivamente fue sobreestimado y en consecuencia la asignación de forraje calculada en el Cuadro 2 fue sobreestimada para los pesos reales logrados. Sin embargo el comportamiento de los dos tratamientos fue el deseado. Figura 1 muestra que el peso corporal de los animales en tratamiento Bajo mantuvieron el peso corporal (ó perdieron levemente peso corporal) y los animales del tratamiento Alto ganaron consistentemente peso corporal. Esto indica que los animales tienen mayores requerimientos a los supuestos originalmente. Por ejemplo es posible que se hayan subestimado los requerimientos diarios de mantenimiento y son mayores a 0,11 Mcal EM por kg de peso metabólico, ó

**Cuadro 4:** Oferta de forraje diario y total por oveja en el período de ensayo (182 días) según línea genética y tratamiento nutricional.

**Table 4:** Daily and total feed offer per ewe during the experiment (182 days), by strain and nutritional treatment.

Línea genética	Tratamiento	Oferta de materia seca <sup>1</sup> (kg)		Oferta de materia orgánica digestible <sup>2</sup> (kg)		Oferta de proteína digestible <sup>3</sup> (kg)	
		Diario	Total	Diario	Total	Diario	Total
Seleccionada	Alto	1,5	273,0	0,80	145,6	0,138	25,1
Seleccionada	Bajo	0,8	145,6	0,43	78,3	0,032	5,8
Testigo	Alto	1,3	236,6	0,70	127,4	0,119	21,7
Testigo	Bajo	0,7	127,4	0,37	67,3	0,028	5,1

<sup>1</sup> Todo el forraje ofrecido.

<sup>2</sup> Oferta de materia seca x % de materia orgánica x % de digestibilidad del Cuadro 2.

<sup>3</sup> Oferta de materia seca x % de materia orgánica x % de digestibilidad x % de nitrógeno del Cuadro 2.

subestimado los requerimientos por actividad locomotora y adicionales por crecimiento y son mayores al 15%. Otros factores que incrementan requerimientos y que no fueron considerados son los climáticos, por ejemplo el progresivo acortamiento de las horas luz y la disminución de temperatura media diaria.

También es posible que los requerimientos hayan sido subestimados al no considerar el estado reproductivo de algunos animales. Efectivamente, 16 de las 20 ovejas de la línea seleccionada y 18 de las 20 ovejas de la línea testigo se preñaron en el tratamiento Alto, y 6/20 y 12/20 en el Bajo, por lo que hubo requerimientos adicionales a los programados en todos los grupos. Sin embargo el ensayo finalizó 39±13 días antes de la fecha de parto promedio por lo que el efecto importante de demanda nutricional recién comenzaba al final del período experimental y solo sobre el 65% de las ovejas de ensayo.

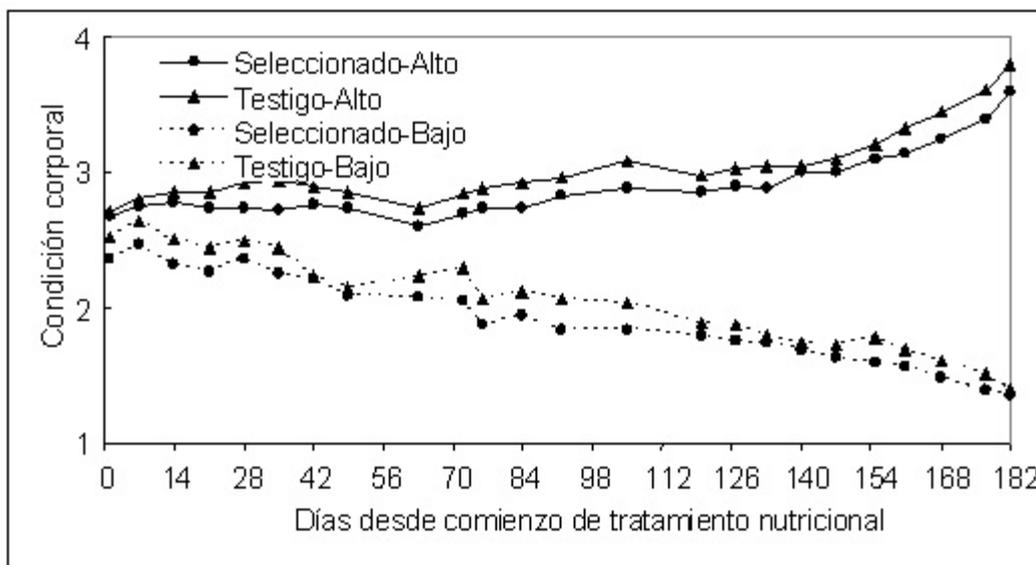
En la Figura 2 se observa la evolución de la condición corporal que muestra el efecto del tratamiento nutricional ( $p < 0,05$ ) y la ausencia de diferencias entre líneas genéticas ( $p > 0,05$ ). Se observa también un aumento de aproximadamente 1,5 puntos de condición corporal en el tratamiento Alto y una reducción similar en el tratamiento Bajo. En otras palabras el tratamiento Alto generó una mejora en el peso

y la condición de los animales y el tratamiento Bajo generó el mantenimiento del peso y pérdida de condición.

#### *Peso de vellón y calidad de lana*

En el Cuadro 5 se presentan los resultados de los análisis de varianza para caracteres de cantidad y calidad de lana. Se observa que la interacción línea genética x tratamiento no fue significativa en ningún caso.

En términos absolutos la superioridad en producción de lana limpia de la línea seleccionada fue mayor a nivel Alto de alimentación que a nivel Bajo (0,36 kg vs 0,26 kg) pero esa superioridad no se observa en términos porcentuales, donde la diferencia fue mayor a nivel Bajo de alimentación que a nivel Alto (27% y 20%) (Cuadro 6). La diferencia en el promedio de diámetro de fibras entre líneas genéticas fue mayor en el nivel Bajo de alimentación que en el Alto (3,1  $\mu\text{m}$  en el nivel Bajo vs 2,5  $\mu\text{m}$  en el nivel Alto). No hubo diferencias significativas entre líneas genéticas en el CV de diámetro de fibras y largo de mecha. Esto indica que la diferencia importante que hay en producción de lana limpia entre líneas genéticas tiene que deberse a una mayor densidad de fibras o a una mayor superficie corporal en la línea seleccionada.



**Figura 2:** Evolución de la condición corporal (escala de 0=extremadamente flaco a 5=extremadamente gordo) según línea genética y tratamiento nutricional.

**Figure 2:** Evolution of body condition score (scale from 0=extremely lean to 5=extremely fat) by strain and nutritional treatment.

**Cuadro 5:** Significancia estadística de los efectos fijos.

**Table 5:** Statistical significance of fixed effects.

Carácter	Ajuste del modelo, R <sup>2</sup> (%)	Línea Genética	Tratamiento	Línea Genética x Tratamiento
Peso de vellón sucio	79	*	*	Ns
Rinde al lavado	30	*	*	Ns
Peso de vellón limpio	79	*	*	Ns
Promedio diámetro de fibras	61	*	*	Ns
CV Promedio diámetro de fibras	5	Ns	Ns	Ns
Largo de mecha	57	Ns	*	Ns

\*  $p < 0,05$ , Ns no significativo.

#### Pesos corporales y ganancia de peso

La diferencia entre líneas genéticas en peso corporal final fue de 7,0 kg y la diferencia entre tratamientos fue de 12,8 kg ( $p < 0,05$ ). La interacción línea genética x nivel de nutrición para pesos corporales y para ganancias de peso no resultó significativa, es así que en el Cuadro 7 se observa que las diferencias entre

líneas genéticas en peso corporal final, ganancias diarias de peso, ganancias totales de peso y ganancias netas (sin lana) de peso en los 6 meses de ensayo fueron similares en ambos niveles de alimentación ( $p > 0,05$ ). En términos porcentuales, sin embargo, la ganancia de peso de la línea testigo fue superior a la línea seleccionada.

**Cuadro 6:** Producción y calidad de lana según línea genética y tratamiento nutricional.

**Table 6:** Wool production and quality by strain and nutritional treatment.

Línea genética	Tratamiento	Producción de lana sucia (kg)	Rinde al lavado (%)	Producción de lana limpia (kg)	Promedio diámetro de fibras ( $\mu\text{m}$ )	CV diámetro de fibras (%)	Largo de mecha (mm)
Seleccionada	Alto	2,97 a	74,0 ac	2,19 a	17,9 c	19,4 a	54,1 a
Seleccionada	Bajo	1,61 c	77,1 a	1,23 c	15,7 d	19,7 a	41,0 b
Testigo	Alto	2,69 b	68,5 b	1,83 b	20,4 a	18,7 a	55,0 a
Testigo	Bajo	1,39 c	70,3 bc	0,97 d	18,8 b	20,4 a	43,1 b

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

**Cuadro 7:** Pesos corporales y ganancia de peso por animal según línea genética y tratamiento nutricional.

**Table 7:** Body weights and daily gain by strain and nutritional treatment.

Línea genética	Tratamiento	Peso corporal inicial (kg)	Peso corporal final (kg)	Ganancia de peso vivo (kg/día)	Ganancia total de peso vivo (kg)	Ganancia de peso neto <sup>1</sup> (kg)
Seleccionada	Alto	39,0 a	51,3 a	0,054 a	9,84 a	7,65 a
Seleccionada	Bajo	38,3 a	38,0 c	-0,004 b	-0,73 b	-1,96 b
Testigo	Alto	31,8 b	43,7 b	0,052 a	9,50 a	7,67 a
Testigo	Bajo	31,7 b	31,4 d	-0,004 b	-0,75 b	-1,72 b

<sup>1</sup> Se calculó para cada animal como su ganancia total de peso vivo menos su peso de vellón limpio. Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

#### *Eficiencia de conversión de forraje en lana*

Del análisis de varianza surge que no hubo diferencias ( $p > 0,05$ ) entre tratamientos nutricionales en cuanto a eficiencia de conversión en lana de la materia seca (7,9 vs. 8,0 g/kg MS) ni en la utilización de la materia orgánica (14,7 vs. 15,1 g/kg MS). Sin embargo a nivel Bajo de alimentación la conversión de proteína en lana resultó mucho mayor que a nivel Alto de alimentación (201,3 vs. 85,9 g/kg;  $p < 0,05$ ). Esto es porque las dietas de los tratamientos Alto y Bajo se diferencian mucho más en cantidad de proteína que en cantidad de materia seca ó cantidad de materia orgánica y es sabido que a bajo nivel de consumo de energía, la conversión de proteína en lana es mayor (Hynd y Masters, 2002, p. 177).

Independientemente del tratamiento nutricional, la diferencia a favor de la línea seleccionada resultó pequeña o no significativa en cuanto a eficiencia de conversión en lana de la materia seca, materia orgánica digestible y proteína digestible ofertada. En el Cuadro 8 se observa que la línea seleccionada fue algo más eficiente en convertir materia seca y proteína digestible en lana a bajo nivel de alimentación que la línea testigo.

En el Cuadro 9 se presenta la relación de producción de lana limpia con peso corporal promedio y con peso corporal metabólico promedio. Entre grupos genéticos la producción de lana por unidad de peso corporal y unidad de peso metabólico es similar. Se observa que la producción de lana calculada

**Cuadro 8:** Eficiencia de conversión de forraje en lana según línea genética y tratamiento nutricional.

**Table 8:** Feed conversion in wool by strain and nutritional treatment.

Línea genética	Tratamiento	Producción de lana (g) por kg de materia seca ofrecida	Producción de lana (g) por kg de materia orgánica digerible ofrecida	Producción de lana (g) por kg de proteína digerible ofrecida
Seleccionada	Alto	8,02 ab	15,05 a	87,27 c
Seleccionada	Bajo	8,44 a	15,70 a	211,9 a
Testigo	Alto	7,75 ab	14,39 a	84,51 c
Testigo	Bajo	7,63 b	14,44 a	190,6 b

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

**Cuadro 9:** Producción de lana en unidades de peso corporal según línea genética y tratamiento nutricional.

**Table 9:** Wool production in units of body weight by strain and nutritional treatment.

Línea genética	Tratamiento	Peso corporal promedio <sup>1</sup> (kg)	Peso metabólico promedio +15% <sup>2</sup> (kg)	Producción de lana limpia por kg de peso corporal promedio (kg)	Producción de lana limpia por kg de peso metabólico promedio +15% (kg)
Seleccionada	Alto	44,6 a	19,17 a	0,049 a	0,114 a
Seleccionada	Bajo	36,8 b	16,60 b	0,033 b	0,074 b
Testigo	Alto	37,8 b	16,93 b	0,048 a	0,108 a
Testigo	Bajo	30,4 c	14,38 c	0,032 b	0,068 b

<sup>1</sup> Peso corporal promedio de las 23 pesadas durante el período experimental.

<sup>2</sup> Peso corporal promedio elevado a 0,75 más el 15% por actividad voluntaria y crecimiento.

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

en base a unidades de peso corporal o unidades de peso metabólico es mayor en niveles altos de alimentación. En este caso ambas líneas genéticas incrementan su producción de lana limpia por kg de peso corporal en aproximadamente 50% cuando pasan del tratamiento Bajo al Alto. Esto indicaría que a menor nivel nutricional la producción de lana cede ante los requerimientos para el mantenimiento del peso corporal, es decir el organismo prioriza mantenimiento sobre producción. Es posible que el organismo también priorice preñez sobre producción de lana habida cuenta que ovejas preñadas reducen su eficiencia de conversión de forraje en lana en un 30% cuando se las comparan con ovejas secas (Hynd y Masters 2002, p. 182).

## Discusión

La línea seleccionada superó en producción de lana a la línea testigo en ambos niveles de alimentación y en el nivel Bajo esa superioridad fue del 27% similar a la encontrada en un trabajo anterior realizado sobre el conjunto de ovejas de las mismas majadas (28%, Mueller 2006, sin publicar) pero en el nivel Alto de alimentación la superioridad fue menor, 20%. Esta tendencia es inversa a la reportada en otros trabajos. Por ejemplo Wodzicka-Tomaszewska (1966) observó en ovejas de raza Romney Marsh que aquellas de alta capacidad para producir lana produjeron 25% más lana con alimento restringido (ración de mantenimiento) y 30% más con alimentación *ad libitum* que ovejas de baja

capacidad. Por otra parte, en un experimento con ovejas Merino, Dolling y Piper (1968) observaron que las ovejas de alta producción de lana alimentadas con alfalfa *ad libitum*, superaron en producción a las ovejas testigo en un 12%, y en sólo 10% en condiciones de alimentación restringida. En línea con estos resultados y confirmando la existencia de interacción genético ambiental en la producción de lana, Atkins (1988) informa haber encontrado que en años buenos, la respuesta de líneas seleccionadas suele ser mayor que en años corrientes. Williams y otros (1972) especulan que la mayor respuesta a la alimentación en crecimiento de lana, tanto en términos absolutos como relativos en una línea seleccionada, respecto de una línea testigo, que estudiaron, puede deberse a una mayor disponibilidad de proteínas azufradas que llegan al abomaso en animales de alta producción.

Lee, Atkins y Swan (2002) observaron que la correlación genética entre eficiencia de conversión y peso de vellón era muy alta ( $r_G=0,84$ ) pero la correlación entre consumo de materia orgánica digestible con producción de lana muy baja ( $r_G=-0,02$ ), concluyendo que al seleccionar por peso de vellón también se selecciona por eficiencia de conversión y que mayores pesos de vellón no implican mayores consumos. Aquí la superioridad de la línea seleccionada en producción de lana promediando ambos niveles nutricionales fue del 21% y la diferencia en consumo de forraje fue del 15% por lo que la mayor producción de lana se puede deber en parte al mayor consumo pero también a una mayor eficiencia de conversión. Ahmed, Dun y Winston (1963) encontraron que con alimentación de alfalfa *ad libitum*, una línea seleccionada por 9 años supera en producción anual de lana a una línea testigo en un 18% con un aumento de sólo 8% en el consumo y que el 55% de esa diferencia se debe a una mayor eficiencia de conversión y el 45% a un mayor consumo.

Ahora, en el ensayo reportado aquí el consumo de forraje de la línea seleccionada fue mayor al de la línea testigo en ambos niveles de alimentación porque la ración se

determinó en función del peso corporal promedio de cada línea. La línea seleccionada tuvo un peso corporal en promedio 7,0 kg mayor. Es importante aclarar que ese mayor peso corporal fue parte del objetivo de selección y no producto de una respuesta genética correlacionada ya que la correlación genética entre ambas características es positiva pero baja ( $r_G=0,2$ , Fogarty 1995). Al analizar la producción de lana en unidades de peso corporal y unidades de peso metabólico no se encontraron diferencias entre líneas. Ambas majadas producen mucho más lana por unidad de peso metabólico en un ambiente favorable que en un ambiente desfavorable. Esto a su vez indicaría que a bajos niveles de alimentación el ovino prioriza el mantenimiento a la producción de lana.

Dunlop, Dolling y Carpenter (1966) y otros autores (Naqvi y Rai, 1990; Saville y Robards, 1972) comprobaron que a Bajo nivel de alimentación la eficiencia de conversión de forraje en alimento es mayor que en Altos niveles. Aquí la línea seleccionada tuvo mayor eficiencia de conversión de materia seca y proteína digestible en lana en el nivel Bajo de alimentación pero no en el nivel Alto. En varios ensayos se ha comprobado mayor eficiencia de conversión en ovinos de mayor producción de lana que en aquellos de menor producción pero, en general, se observó que esa eficiencia es mayor a mayor nivel de alimentación (Butler y Maxwell, 1984; Wodzicka-Tomaszewska, 1966). Es posible que si el ensayo se hubiese extendido a más de 6 meses las diferencias de producción de lana entre grupos genéticos se hubiesen tornado significativas y la eficiencia de conversión también. En el mismo sentido conviene insistir en que la experiencia que aquí se informa no incluyó un tratamiento *ad libitum*, sino que el plano considerado de Alto nivel alimentario lo era para las situaciones reales de animales en pastoreo en Patagonia, pero no *ad libitum*, como en la mayoría de los ensayos reportados en la literatura revisada. En estas condiciones, una probable interacción genotipo x nivel nutricional pudo no haberse expresado en toda su dimensión

como para ser detectada. En consecuencia, para profundizar las investigaciones, sería interesante incorporar condiciones *ad libitum*, y períodos de año completo reflejando todo el crecimiento anual de lana e imitando situaciones más favorables que las habituales en pastoreo libre, como producciones intensivas a corral, pasturas irrigadas, etc.

Las experiencias a corral presentan el inconveniente que en ellas no se controlan diferencias en capacidad de pastoreo que puede haber entre líneas, y esa capacidad puede adquirir importancia entre líneas seleccionadas y no seleccionadas en condiciones de campo (Dolling y Moore, 1960). En este sentido, Hutchinson (1961) estudió la producción de lana, el consumo y el peso corporal en pastoreo y en corral en condiciones *ad libitum* de 31 carneros Merino observando que la repetibilidad de eficiencia de conversión y la producción de lana en ambas situaciones eran altas pero la repetibilidad del consumo, baja. Ensayos de eficiencia de conversión a campo son de diseño complicado pero incluyen el análisis de la capacidad de pastoreo de las líneas genéticas en comparación.

También es necesario estudiar con más detalle la calidad de la lana producida por líneas genéticas sometidas a diferente régimen nutricional, considerando que, por ejemplo, pequeñas diferencias en diámetro equivalen en términos económicos a grandes diferencias en peso de vellón, si ese diámetro está acompañado por alta resistencia a la tracción. *A priori* en ambos planos nutricionales las ovejas de la línea seleccionada produjeron lana de mucho mayor valor que ovejas de la línea testigo, considerando la diferencia en promedio de diámetro de fibras. Pero en el presente trabajo, el largo de mecha alcanzado en los 6 meses de crecimiento de la lana, fue insuficiente en la mayoría de los animales para determinar resistencia a la tracción y así

comprobar si el plano nutricional Bajo tiene un efecto diferencial sobre la calidad de lana en las diferentes líneas genéticas.

Otros aspectos de la adaptación de animales de alta producción de lana y alto peso corporal a dietas de diferentes niveles y calidades que deben estudiarse son los relacionados con la eficiencia reproductiva. Los datos de este ensayo no permiten un análisis adecuado de la respuesta reproductiva a distintos niveles de alimentación en la progenie de los dos grupos genéticos ya que cada grupo de ovejas fue servido con un solo carnero y es imposible descartar un efecto carnero en los resultados. Por ejemplo diferencias en preñez o diferencias en peso corporal al nacimiento pueden haber quedado confundidas con el efecto genético del carnero utilizado.

### Conclusión

Se concluye que líneas genéticas de ovinos seleccionados por peso corporal y cantidad y calidad de lana mantienen su superioridad productiva frente a líneas no seleccionadas aún en condiciones de alimentación desfavorable. Expresando la producción de lana en unidades de peso corporal ó en unidades de peso metabólico, no hay diferencias entre líneas genéticas. En condiciones de alimentación desfavorable y expresando la producción de lana en unidades de materia seca consumida o proteína digestible consumida, los animales de la línea seleccionada son más eficientes que los animales testigo. Todo indica que la cría de lanares mejorados genéticamente es beneficiosa en el rango de ambientes destinados a su crianza en el norte de la Patagonia, ya que permite mantener la producción de lana con menos animales o aumentar la producción de lana sin aumentar el número de animales.

### Agradecimientos

Se agradece a Celso Giraudo por las sugerencias relativas a los tratamientos nutricionales y a Héctor Molinuevo por los sustanciales aportes a la redacción y discusión preliminar de los resultados obtenidos. Este trabajo fue realizado mientras Gustavo Carlino fue beneficiado con una beca del FONCyT.

### Bibliografía

- Ahmed, W., Dun, R.B. and Winston, R.J. 1963. The efficiency of conversion of feed to wool in Merino flocks selected for and against fleece weight. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 3, 269-275.
- 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. 1988. Consequences of selection for wool production and implications for Merino improvement programs. In *Proceedings of 3<sup>rd</sup> World Congress on Sheep and Beef Cattle Breeding*, INRA, Paris 2, 409-428.
- Butler, L.G. and Maxwell, W.M.C. 1984. A Review of the efficiency of conversion of feed into wool. *Animal Breeding Abstracts* 52, 475-485.
- CSIRO. 2007. Nutrient requirements of domesticated ruminants. CSIRO Publishing, Australia, 270 p.
- Dolling, C.H.S. and Moore, R.W. 1960. Efficiency of conversion of food to wool. I. Correlated response to selection for high and low clean wool weight per head. *Australian Journal of Agricultural Research* 11, 836-844.
- Dolling, C.H.S. and Piper, L.R. 1968. Efficiency of conversion of food to wool. III. Wool production of ewes selected for high clean wool weight and of random control ewes on restricted and unrestricted food intakes in pens. *Australian Journal of Agricultural Research* 19, 1009-1028.
- Dunlop, A.A., Dolling, C.H.S. and Carpenter, M.T. 1966. Efficiency of conversion to wool at two nutritional levels by three Merino strains. *Australian Journal of Agricultural Research* 17, 81-89.
- Fogarty, N.M. 1995. Genetic parameters for live weight, fat and muscle measurements, wool production and reproduction in sheep: A review. *Animal Breeding Abstracts* 63, 101-143.
- Holechek, J.L., Vavra, M. And Arthun, D. 1982. Relationship between performance, intake, diet nutritive quality and fecal nutritive quality of cattle on mountain range. *Journal of Range Management* 35, 741-744.
- Hutchinson, K.J. 1961. Measurements of wool production and its physiological components in a group of South Australian Merino sheep. *Australian Journal of Agricultural Research* 12, 696-714.
- Hynd, P.I. and Masters, D.G. 2002. Nutrition and wool growth. In: *Sheep Nutrition*. CAB – International (Ed. M. Freer y H. Dove). Chapter 8, 165-188.
- IWTO 12. 1998. International Wool Textile Organization Standard: Measurement of the mean and distribution of fiber diameter using the SIROLAN-LASERSCAN.
- IWTO 30. 1998. International Wool Textile Organization Standard: Determination of staple length and staple strength.
- Jefferies, B.C. 1961. Body condition scoring and its use in management. *Tasmanian Journal of Agriculture* 32, 19-21.
- Lee, G.J., Atkins, K.D. and Swan, A.A. 2002. Pasture intake and digestibility by young and non-breeding adult sheep: the extent of genetic variation and relationships with productivity. *Livestock Production Science* 73, 185-198.
- Mueller, J.P. 2001. Mejoramiento genético de las majadas patagónicas. In: Borrelli, P. y Oliva, G. (Eds.) *Ganadería Ovina Sustentable en la Patagonia Austral*. INTA Regional Patagonia Sur, Capítulo 10 p. 211-224.
- NRC National Research Council. 1985. Nutrient requirements of sheep. 6th Revised Ed. National Academy Press, Washington DC, 99p.
- Naqvi, S.M.K. and Rai, A.K. 1990. Effect of nutritional stress on wool yield, characteristics and efficiency of feed conversion to wool. *Livestock Research for Rural Development* Vol 2 Nr 2, July.
- Saville, D.G. and Robards, G.E. 1972. Efficiency of conversion of food to wool in selected and unselected Merino types. *Australian Journal of Agricultural Research* 23, 117-130.
- Somlo, R. y Siffredi, G. 1994. Algo más sobre henos de mallines en precordillera. *Presencia* 27, 13-14.
- Van Soest, P.J. 1967. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. *Journal of Animal Science* 26, 119-127.

- Williams, A.J., Robards, G.E. and Saville, D.G. 1972. Metabolism of cystine by Merino sheep genetically different in wool production. II The responses in wool growth to abomasal infusions of l-cystine or dl-methionine. Australian Journal of Biological Science 25, 1269-1276.
- Wodzicka-Tomaszewska, M. 1966. Efficiency of wool growth. I. Comparison of differences between high – and low- producing sheep under restricted and under *ad libitum* feeding. New Zealand Journal of Agricultural Research 9, 909-915.