

# CAMBIOS PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS DEL NÚCLEO MERINO ULTRAFINO DE GLENCOE DURANTE 20 AÑOS DE SELECCIÓN

Z Ramos<sup>1</sup>, D Garrick<sup>2</sup>, H Blair<sup>2</sup>, I De Barbieri<sup>3</sup>, G Ciappesoni<sup>3</sup>, F Montossi<sup>3</sup>, P Kenyon<sup>2</sup>

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos 25 años, Uruguay ha desarrollado proyectos tendientes a generar lanas finas, superfinas y ultrafinas (Ramos, 2023). En 1998, el Proyecto Merino Fino (PMF; 1998-2010) estableció un núcleo de selección en la Unidad Experimental Glencoe (UEG) de INIA Tacuarembó. Dicho núcleo fue conformado por aproximadamente 500 ovejas Merino y tuvo como principal objetivo de selección la producción de lanas finas (< 19 micras). A partir de 2011, el núcleo continuó como parte del Consorcio Regional de Lanias Ultrafinas (CRILU; 2011-2018), cuyo objetivo de selección fue la producción de lanas ultrafinas ( $\leq 15,5$  micras), el incremento del peso de vellón limpio (PVL) e incremento del peso corporal (PC). Información detallada sobre el establecimiento y funcionamiento del núcleo de la UEG está disponible en Ramos (2023).

Antecedentes internacionales indican que los objetivos de selección basados en la reducción del diámetro de la fibra (DF) e incremento de peso de vellón limpio (PVL) tienen consecuencias desfavorables en el desempeño reproductivo de las ovejas (Bunter y Swan, 2021). Chapman et al. (2021) reportaron que la selección genética en favor de la producción de lanas finas reduciría el número de corderos destetados por oveja encarnada. Además, ovejas que genéticamente producen vellones más pesados

destetarían un menor número de corderos (Dominik y Swan, 2018, Safari et al., 2007a). Por el contrario, otros estudios sostienen que la selección para incrementar el PVL, como parte de un programa de selección multicarácter, no afectaría negativamente el desempeño reproductivo de las ovejas (Piper et al., 2007, 2009, 2013; Chapman et al., 2021). Desde el punto de vista fenotípico, las correlaciones entre el peso de vellón y el desempeño reproductivo de las ovejas son insignificantes (Dominik y Swan, 2018; Chapman et al., 2021).

En Uruguay, el PMF y el CRILU contribuyeron a la generación del material genético y del paquete tecnológico necesario para la producción de lanas finas, superfinas y ultrafinas. Sin embargo, a nivel nacional, no existía información sobre el impacto de los programas de selección basados en la reducción del DF e incremento de PVL sobre el desempeño productivo y reproductivo de las ovejas. Entre 2020 y 2023, se desarrolló la tesis doctoral denominada «*Reproductive consequences of genetic improvement in clean fleece production in ultrafine Merino ewes*», cuyo objetivo general fue evaluar el impacto de la estrategia de selección utilizada en el núcleo de la UEG sobre el desempeño productivo y reproductivo de las ovejas. Este estudio fue realizado en Nueva Zelanda, y contó con el financiamiento de la Agencia Nacional de Investigación e Innova-

<sup>1</sup>Centro Universitario Regional Noreste, Universidad de la República, Uruguay.

<sup>2</sup>School of Agriculture and Environment, Massey University, Nueva Zelanda.

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Uruguay.

ción (ANII) y de la Universidad de Massey. El objetivo de este artículo es presentar una síntesis de la primera parte de la tesis doctoral, la cual se focalizó en el desempeño fenotípico de borrego/as y ovejas Merino de la UEG.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio analizó datos de dos proyectos (PMF y CRILU) desarrollados en la UEG entre 1999 y 2018. Todas las mediciones utilizaron procedimientos aprobados por la CEUA INIA (Expediente INIA 2018.2).

### 2.1. Animales evaluados

El estudio incluyó aproximadamente 5300 borrego/as y 2000 ovejas nacidas en el núcleo de la UEG entre 1999 y 2018. Las condiciones de manejo, nutricionales y sanitarias del núcleo fueron descritas en Ramos et al. (20021a, 2021b y 2022). Durante el PMF, el índice de selección utilizado priorizó la reducción del DF permitiendo leves pérdidas en el peso de vellón limpio. En el período CRILU, se aplicó un el índice de selección que buscaba reducir el DF, aumentar del peso de vellón limpio y el peso corporal.

### 2.2. Determinaciones

Las características evaluadas en borrego/as (298 a 432 días de edad) incluyeron diámetro de la fibra, peso de vellón sucio, lago de mecha, rendimiento al lavado, peso corporal post-esquila, área de ojo de bife (AOB) y espesor de grasa (EG). La metodología utilizada para realizar las determinaciones se detalla en Ramos et al. (2021a y 2021b). En ovejas adultas se determinó el diámetro de la fibra, peso de vellón sucio, lago de mecha, rendimiento al lavado, peso y condición corporal a la encamurada, pre-parto y destete. Además, se evaluó el total de kilos de cordero destetado a lo largo de la vida reproductiva de cada oveja. En primera instancia, se calculó el número total de corderos destetados sumando el número de corderos que cada oveja destetó a lo largo de su vida. El total de kilos de cordero destetado se calculó sumando el peso vivo al destete (ajustado a los 120 días de edad) de todos los corderos

que cada oveja tuvo a lo largo de su vida. En todos los casos, la edad de la oveja osciló entre 2 y 10 años.

### 2.3. Análisis estadístico

Los datos de borrego/as fueron analizados utilizando un modelo lineal general (PROC GLM) en SAS (versión 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, EE. UU.). Para los rasgos de lana el modelo incluyó los siguientes efectos fijos: año, sexo, tipo de destete (nacido como único y destetado como único -U/U-; nacido como múltiple y destetado como único -M/U- o como múltiple -M/M-), y la edad de la madre (2 años, 3-6 años, y  $\geq 7$  años). Además, se incluyó las interacciones sexo\*año y tipo de destete\*sexo. La edad al momento de la esquila (298 a 432 días de edad) fue incluida como una covariable. El análisis del peso corporal post-esquila, AOB y EG fue similar al descripto para los rasgos de lana, incluyendo como covariable la edad del animal al momento de realizar cada determinación. Adicionalmente, para el AOB y EG se corrió un modelo que incluyó el PC al momento de realizar las mediciones como una covariable.

Las variables asociadas a lana y peso caporal de las ovejas fueron analizadas mediante un modelo lineal general (PROC GLM). El modelo para los rasgos de lana incluyó los siguientes efectos fijos: edad (2 años; 3-6 años;  $\geq 7$  años), período (PMF y CRILU) y año calendario (de 2001 a 2020). Los días de crecimiento de lana (número de días entre esquilas, 268-399 días) fue incluido como una covariable. La presencia o no de preñez y las interacciones entre los efectos fijos no fueron significativos y, por lo tanto, no se incluyeron en el modelo. El peso corporal de las ovejas en diferentes etapas del ciclo productivo (encamurada, pre-parto y destete) se analizó mediante un modelo que incluyó la edad, el período y el año calendario como efectos fijos. Para el PC a la encamurada, los días de crecimiento de lana (número de días entre la esquila y el día en que se midió el peso, 148-274 días) fue incluida como una covariable. Además, para el PC pre-parto y destete, se incluyó como efecto fijo el estado fisiológico (no gestante; 1 feto;  $\geq 2$  fetos).

La condición corporal de las ovejas a lo largo del ciclo productivo se analizó utilizando el procedimiento GENMOD. El modelo incluyó la edad (2 años; 3 a 6 años;  $\geq 7$  años), y el año calendario (de 2001 a 2020) como efecto fijo. Para el peso y condición corporal al destete, el tipo de destete del cordero (nacido como único y destetado como único -U/U-; nacido como múltiple y destetado como único -M/U- o como múltiple -M/M-), se testeó como un efecto fijo. Para todos los análisis, la comparación de medias se realizó utilizando la prueba de Tukey-Kramer, que se consideró significativamente diferente cuando  $p < 0,05$ .

## 2.4. Regresiones polinómicas

Las tendencias fenotípicas del DF, PVS y PC de borrego/as y ovejas se evaluaron utilizando un modelo de regresión polinómica ortogonal (Proc ORTHOREG) en SAS (versión 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC). El borrego/as el DF se analizó mediante un polinomio de segundo grado mientras que para el PVS y PC se aplicó un polinomio de tercer grado. En ovejas, las tres variables fueron analizadas utilizando un polinomio de segundo grado. El orden del polinomio fue definido en base al valor del coeficiente de determinación ( $R^2$ ).

## 2.5. Estimación del ingreso bruto a lo largo de la vida productiva de la oveja

En base a la información proveniente del núcleo se estimó el impacto de la reducción del DF en el ingreso bruto de cada oveja

a lo largo de su vida. En primera instancia se calculó la producción de lana y kilos de cordero destetado por oveja durante cuatro oportunidades de parto y se asumió que ambas variables permanecían constantes a lo largo de los años (ver detalles en Ramos et al., 2021b). Además, se calculó el DF promedio anual del núcleo. Para simplificar, se asumió que todos los corderos eran vendidos al destete. Los precios promedio de lana y carne se calcularon para el período 2013-2019 (MGAP, 2022; Cámara Mercantil de productos del País, 2020) y se utilizaron para todo el período (1999-2018).

## 3. RESULTADOS

En primera instancia se presentará una descripción estadística de las características evaluadas en borrego/as y ovejas. Posteriormente se indicarán los resultados obtenidos al aplicar los modelos estadísticos descriptos en borrego/as y ovejas adultas. Finalmente, se reportará el impacto de la reducción del DF en el ingreso bruto de cada oveja a lo largo de su vida.

### 3.1. Estadística descriptiva

En los Cuadros 1 y 2 se presentan los datos recabados.

**Cuadro 1.** Media, mínimo, máximo, desvío estándar (DS) y número (n) de borrego/as evaluados durante el período de estudio.

Características	Media	Mínimo	Máximo	DS	n
Diámetro de la fibra ( $\mu$ )	15,8	12,4	21,2	1,5	5361
Peso de vellón sucio (kg)	3,1	1,2	6,2	0,9	5367
Coef. de variación DF (%)	17,6	11,3	24,6	2,2	5052
Largo de mecha (cm)	8,4	3,5	14,0	1,8	5405
Rendimiento al lavado (%)	75,5	61,7	88,7	4,5	5390
Peso corporal post-esquila (kg)	45,0	18,5	75,5	10,5	5402
Área de ojo de bife (cm <sup>2</sup> )	10,0	3,7	17,2	2,6	2042
Espesor de grasa (mm)	2,8	1,0	6,0	0,9	2019

**Cuadro 2.** Media, mínimo, máximo, desvío estándar (DE), número de ovejas y número de registros evaluados durante el período de estudio

Características	Media	Mínimo	Máximo	DE	Ovejas	Registros
Diámetro de la fibra ( $\mu$ )	16,6	12,1	22,1	1,7	2063	6988
Peso de vellón sucio (kg)	3,51	1,8	5,9	0,6	2052	7007
Coef. de variación DF (%)	16,3	10,5	25,4	2,0	1952	6693
Largo de mecha (cm)	8,7	4,5	13,5	1,3	1766	6507
Rendimiento al lavado (%)	80,0	55,5	90,4	3,9	1744	6477
Peso vivo a la encarnada (kg)	47,4	30,0	68,0	6,1	1850	6763
Peso vivo pre-parto (kg)	49,0	28,0	74,5	7,1	1801	6466
Peso vivo al destete (kg)	48,5	28,0	74,0	6,4	1306	4775
Condición corporal a la encarnada	3,2	1,5	5,0	0,66	1839	6778
Condición corporal pre-parto	3,1	1,5	5,0	0,61	1802	6490
Condición corporal al destete	2,8	1,5	4,7	0,59	1292	4693
Nº total de corderos destetados/oveja	2,4	0	12	1,9	1954	1954
Total de kg de cordero al destete/oveja	58	0	287	48	1954	1954

### 3.2. Producción de lana y crecimiento de borregos/as

En el Cuadro 3 se presenta la comparación de medias entre el sexo, tipo de destete y edad de la madre para las características evaluadas en borrego/as. A continuación, se destacarán algunos resultados relevantes.

En la mayoría de los años evaluados, los machos produjeron vellones de mayor micronaje, mayor largo de mecha y más pesados comparado con las hembras ( $p < 0,05$ ). El peso corporal post-esquila, el AOB y el EG fueron mayores ( $p < 0,05$ ) en machos que en hembras. Al incluir el peso corporal al momento de realizar la medición en el análisis del AOB y EG, las diferencias entre sexo fueron de menor magnitud y/o desaparecieron. El tipo de destete no afectó ( $p > 0,05$ ) el DF de borrego/as. En cuanto a la producción de lana, los animales nacidos y destetados como únicos tuvieron los vellones más pesados ( $p < 0,05$ ) mientras que aquellos nacidos y destetados como múltiple produjeron los vellones más livianos (3,2 vs 2,8 kg). Los corderos nacidos como múltiples y destetados como únicos presentaron un peso de vellón intermedio. Una similar tendencia fue observada en el peso corporal post-esquila.

Las variables asociadas a la producción y calidad de lana, peso corporal y AOB de

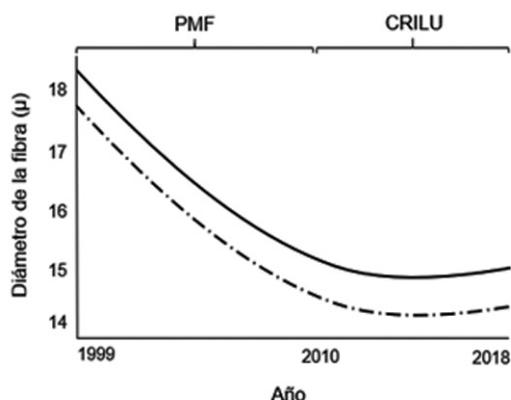
borrego/as fueron afectados por la edad de la madre ( $p < 0,05$ ). Los corderos hijos de ovejas de 2 años tuvieron los vellones más finos ( $p < 0,05$ ) mientras que los hijos de ovejas mayores a 6 años produjeron los vellones más gruesos ( $p < 0,05$ ). La cantidad de lana producida por animal fue menor ( $p < 0,05$ ) en los corderos hijos de ovejas de 2 años comparado con aquellos cuyas madres tenían 3 a 6 años. El peso corporal post-esquila fue menor ( $p < 0,05$ ) en corderos nacidos de ovejas de 2 años comparado con aquellos nacidos de ovejas de mayor edad. El AOB fue mayor ( $p < 0,05$ ) en corderos nacidos de ovejas mayores a 6 años comparado con los demás grupos de edades, sin diferencias ( $p > 0,05$ ) en el EG.

La Figura 1 presenta la tendencia fenotípica del DF de machos y hembras en su primer año de vida. Durante el PMF (1999 – 2010), el DF decreció aproximadamente 3 micras, mientras que durante el proyecto CRILU (2011 – 2018), esta característica tuvo pocas variaciones, permaneciendo por debajo de 16 micras. El descenso del DF fue acompañado por un aumento de aproximadamente 0,5 kg de peso de vellón sucio (Figura 2). Durante todo el período de estudio, el PC post-esquila se incrementó aproximadamente 3 kg.

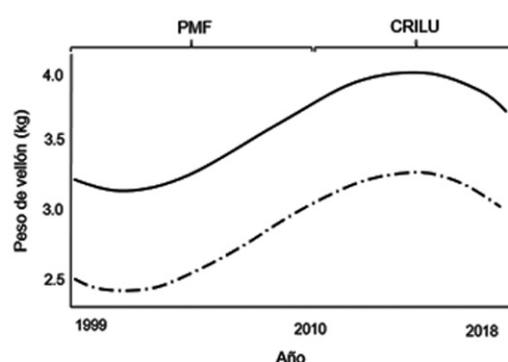
**Cuadro 3.** Media y error estándar (EE) para variables evaluadas en borrego/as de un año, de acuerdo con el sexo (M, H), tipo de destete (U/U, M/U y M/M) y edad de la madre (2, 3 a 6 y ≥7) (1999-2018)

Característica	Sexo		Tipo de destete			Edad de la madre			Interacciones			
	M	H	U/U	M/U	M/M	2	3 a 6	≥7	A*S	TD*S		
Diámetro de la fibra (μ)	16,1 <sup>a</sup>	15,6 <sup>b</sup>	15,9	15,8	15,9	0,06	15,6 <sup>c</sup>	15,9 <sup>b</sup>	16,1 <sup>a</sup>	0,05	*	ns
Peso de vellón sucio (kg)	3,3 <sup>a</sup>	2,6 <sup>b</sup>	3,2 <sup>a</sup>	2,9 <sup>b</sup>	2,8 <sup>c</sup>	0,03	2,9 <sup>b</sup>	3,0 <sup>a</sup>	3,0 <sup>ab</sup>	0,02	*	*
Coef. de variación del DF (%)	17,8 <sup>a</sup>	17,5 <sup>b</sup>	17,4 <sup>b</sup>	17,6 <sup>b</sup>	17,9 <sup>a</sup>	0,10	17,5 <sup>b</sup>	17,6 <sup>b</sup>	17,9 <sup>a</sup>	0,09	*	ns
Largo de mecha (cm)	8,5 <sup>a</sup>	8,3 <sup>b</sup>	8,4	8,5	8,4	0,06	8,7 <sup>a</sup>	8,3 <sup>b</sup>	8,3 <sup>b</sup>	0,06	*	ns
Rendimiento al lavado (%)	74,3 <sup>b</sup>	75,8 <sup>a</sup>	75,5 <sup>a</sup>	75,0 <sup>b</sup>	74,6 <sup>b</sup>	0,20	75,3 <sup>a</sup>	75,4 <sup>a</sup>	74,4 <sup>b</sup>	0,19	*	ns
Peso vivo post-esquila (kg)	52,5 <sup>a</sup>	36,4 <sup>b</sup>	46,0 <sup>a</sup>	44,5 <sup>b</sup>	43,0 <sup>c</sup>	0,27	43,4 <sup>b</sup>	44,8 <sup>a</sup>	45,3 <sup>a</sup>	0,26	ns	*
Área de ojo de bife (cm <sup>2</sup> )	11,9 <sup>a</sup>	8,1 <sup>b</sup>	10,1 <sup>a</sup>	10,2 <sup>a</sup>	9,9 <sup>b</sup>	0,10	9,9 <sup>b</sup>	10,0 <sup>b</sup>	10,3 <sup>a</sup>	0,10	ns	*
Área de ojo de bife (cm <sup>2</sup> ) <sup>PV</sup>	10,7 <sup>a</sup>	9,6 <sup>b</sup>	10,0 <sup>b</sup>	10,1 <sup>b</sup>	10,2 <sup>a</sup>	0,10	10,1 <sup>ab</sup>	10,1 <sup>b</sup>	10,3 <sup>a</sup>	0,09	*	ns
Espesor de grasa (mm)	3,2 <sup>a</sup>	22 <sup>b</sup>	2,8 <sup>a</sup>	2,7 <sup>b</sup>	2,7 <sup>b</sup>	0,05	2,6	2,7	2,7	0,05	*	*
Espesor de grasa (mm) <sup>PV</sup>	2,7	2,8	2,7	2,7	2,8	0,05	2,7	2,7	2,8	0,05	*	ns

U/U, M/U y M/M corresponden a corderos nacidos y destetados como únicos, corderos nacidos como múltiple y destetados como único y corderos nacidos y destetados como múltiples, respectivamente. A\*S: interacción entre año y sexo; TD\*S: interacción entre tipo de destete y sexo del individuo, <sup>PV</sup>: indica que el peso vivo se incluyó como covariable en el modelo. Para cada categoría (Sexo, Tipo de destete y Edad de la madre), letras diferentes dentro de una fila y factor indican que las medias son estadísticamente diferentes (p<0,05).



**Figura 1.** Tendencia fenotípica del diámetro de la fibra de borrego/as nacido/as en el núcleo de la UEG entre 1999 y 2018. Línea continua = machos; línea discontinua = hembras; PMF = Proyecto Merino Fino (1999 – 2010); CRILU = Consorcio Regional de Innovación en Lanas Ultrafinas (2011 -2018).



**Figura 2.** Tendencia fenotípica del peso de vellón sucio de borrego/as nacido/as en el núcleo de la UEG entre 1999 y 2018. Línea continua = machos; línea discontinua = hembras; PMF = Proyecto Merino Fino (1999 – 2010); CRILU = Consorcio Regional de Innovación en Lanas Ultrafinas (2011-2018).

### 3.3. Producción y reproducción en ovejas

El Cuadro 4 presenta las características asociadas a la producción y calidad de lana en ovejas de diferentes edades (2 a 10 años). Durante el proyecto CRILU, las ovejas produjeron vellones más finos, más pesados y de fibras más cortas ( $p < 0,05$ ) comparado con el PMF. Respecto a los cambios asociados a la edad de los animales, se destaca que los vellones más gruesos, livianos, de fibras más cortas y con menor rendimiento al lavado fueron registrados en ovejas de más de 6 años.

El Cuadro 5 presenta el peso y la condición corporal de las ovejas a lo largo del ciclo productivo (encarnerada, pre-parto y destete). Durante el período CRILU, las ovejas presentaron un mayor peso corporal comparado con el PMF ( $p < 0,05$ ). Previo al parto, las ovejas vacías (carga fetal 0) fueron las más livianas ( $p < 0,05$ ) y las de gestación múltiple ( $\geq 2$  fetos) las más pesadas ( $p < 0,05$ ). Al momento del destete, las ovejas de gestación múltiple fueron las más livianas ( $p < 0,05$ ) y las vacías las más pesadas ( $p < 0,05$ ). Independientemente de la etapa del ciclo productivo,

**Cuadro 4.** Media y error estándar (EE) para variables de producción y calidad de lana de ovejas Merino de acuerdo con el período (PMF y CRILU) y edad (2, 3 a 6 y  $\geq 7$ ).

Característica	Período		EE	Edad (años)			EE
	PMF	CRILU		2	3 a 6	$\geq 7$	
Diámetro de la fibra ( $\mu$ )	18,1 <sup>a</sup>	15,6 <sup>b</sup>	0,03	16,2 <sup>c</sup>	17,0 <sup>b</sup>	17,4 <sup>a</sup>	0,05
Peso de vellón sucio (kg)	3,4 <sup>b</sup>	3,5 <sup>a</sup>	0,01	3,5 <sup>a</sup>	3,5 <sup>a</sup>	3,1 <sup>b</sup>	0,02
Coef. de variación del DF (%)	16,6 <sup>a</sup>	16,1 <sup>b</sup>	0,04	16,3 <sup>b</sup>	16,2 <sup>b</sup>	16,7 <sup>a</sup>	0,07
Largo de mecha (cm)	8,5 <sup>a</sup>	8,3 <sup>b</sup>	0,03	9,1 <sup>a</sup>	8,7 <sup>b</sup>	7,8 <sup>c</sup>	0,04
Rendimiento al lavado (%)	79,4 <sup>a</sup>	79,1 <sup>b</sup>	0,08	80,3 <sup>a</sup>	80,0 <sup>a</sup>	77,1 <sup>b</sup>	0,15

PMF = Proyecto Merino Fino (1999 – 2010), CRILU = Consorcio Regional de Innovación en Lanas Ultrafinas (2011 – 2020). Para cada categoría (Período y Edad), letras diferentes dentro de una fila indican que las medias son estadísticamente diferentes ( $p < 0,05$ ).

**Cuadro 5.** Media y error estándar (EE) del peso y condición corporal (CC) a la encarnurada, pre-parto y destete de ovejas Merino por período (PMF y CRILU), carga fetal (0, 1 y  $\geq 2$ ) y edad (2, 3 a 6 y  $\geq 7$ ).

Característica	Período		EE	Carga fetal			EE	Edad (años)			EE
	PMF	CRILU		0	1	$\geq 2$		2	3 a 6	$\geq 7$	
PV encarnurada (kg)	46,5 <sup>b</sup>	48,6 <sup>a</sup>	0,11	-	-	-	-	44,4 <sup>c</sup>	47,7 <sup>b</sup>	50,6 <sup>a</sup>	0,2
PV pre-parto (kg)	47,9 <sup>b</sup>	50,5 <sup>a</sup>	0,11	46,2 <sup>c</sup>	49,0 <sup>b</sup>	52,5 <sup>a</sup>	0,14	45,1 <sup>c</sup>	50,3 <sup>b</sup>	52,2 <sup>a</sup>	0,14
PV al destete (kg)	48,7 <sup>b</sup>	49,9 <sup>a</sup>	0,17	52,5 <sup>a</sup>	48,0 <sup>b</sup>	47,4 <sup>c</sup>	0,22	46,4 <sup>c</sup>	50,3 <sup>b</sup>	51,2 <sup>a</sup>	0,21
CC encarnurada	3,6 <sup>a</sup>	3,0 <sup>b</sup>	0,01	-	-	-	-	3,4 <sup>a</sup>	3,3 <sup>b</sup>	3,1 <sup>c</sup>	0,01
CC pre-parto	3,4 <sup>a</sup>	2,9 <sup>b</sup>	0,01	3,1	3,1	3,1	0,01	3,1	3,1	3,1	0,01
CC al destete	3,2 <sup>a</sup>	2,8 <sup>b</sup>	0,02	3,4 <sup>a</sup>	2,8 <sup>b</sup>	2,6 <sup>c</sup>	0,02	3,0 <sup>a</sup>	3,0 <sup>a</sup>	2,8 <sup>b</sup>	0,02

PMF = Proyecto Merino Fino (1999 – 2010), CRILU = Consorcio Regional de Innovación en Lanas Ultrafinas (2011 – 2020). 0, 1, y  $\geq 2$  indica el estado fisiológico de la oveja y corresponde a la ausencia de preñez, presencia de 1 feto y presencia de 2 o más fetos, respectivamente. Para cada categoría (Período, Carga fetal y Edad), letras diferentes dentro de una fila indican que las medias son estadísticamente diferentes ( $p < 0,05$ ).

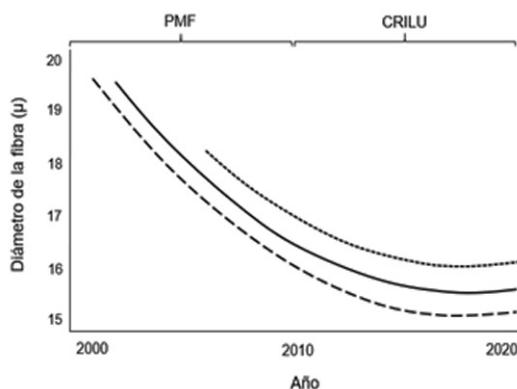
el peso corporal aumentó en la medida que las ovejas envejecieron.

La condición corporal (CC) de las ovejas a lo largo del ciclo productivo fue medio punto inferior ( $p < 0,05$ ) en el período CRILU comparado con la fase PMF (Cuadro 5). La CC pre-parto no fue afectada ( $p > 0,05$ ) por la carga fetal, mientras que, al destete las ovejas vacías presentaron la CC más alta ( $p < 0,05$ ) y las ovejas de gestación múltiple la más baja ( $p < 0,05$ ). Respecto a los cambios asociados a la edad de los animales, la CC a la encarnurada disminuyó ( $p < 0,05$ ) en la medida que las ovejas envejecieron, mientras que la CC pre-parto no fue afectada ( $p > 0,05$ ) por la edad del animal. Al destete, las ovejas de más de 6 años presentaron una CC inferior ( $p < 0,05$ ) a los otros dos grupos de edad.

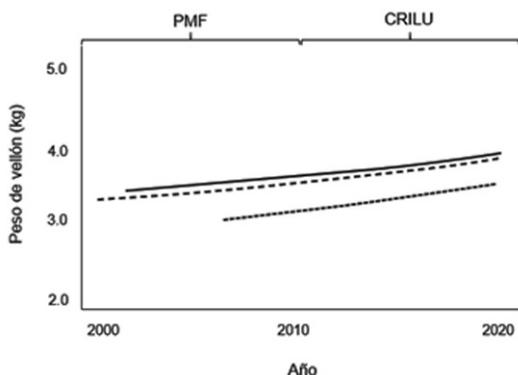
Las Figuras 3, 4 y 5 presentan la evolución del DF, PVS y PC de ovejas de diferentes edades (2, 3 a 6 y  $\geq 7$  años). Durante el período de estudio, el DF de las ovejas disminuyó aproximadamente 3 micras. Los vellones más finos ( $p < 0,05$ ) fueron producidos por las ovejas de 2 años, mientras que los más gruesos ( $p < 0,05$ ) correspondieron a las ovejas de más de 6 años. La producción de lana de las ovejas registró un leve aumento independientemente de la edad (Figura 4). Las ovejas mayores a 6 años produjeron los

vellones más livianos ( $p < 0,05$ ), sin diferencias ( $p > 0,05$ ) entre los otros dos grupos de edad. Con respecto al PC a la encarnurada, se observó un incremento de aproximadamente 3 kg (Figura 5).

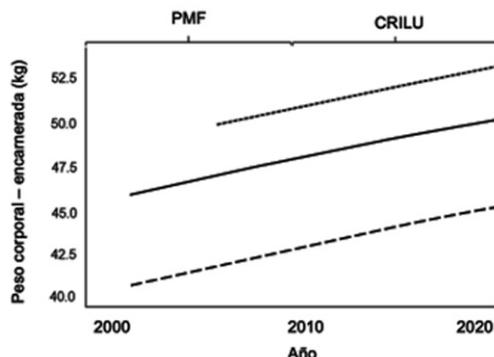
La Figura 6 muestra el total de kilos de cordero destetado por oveja a lo largo de su vida. Dicha característica presentó mínimos



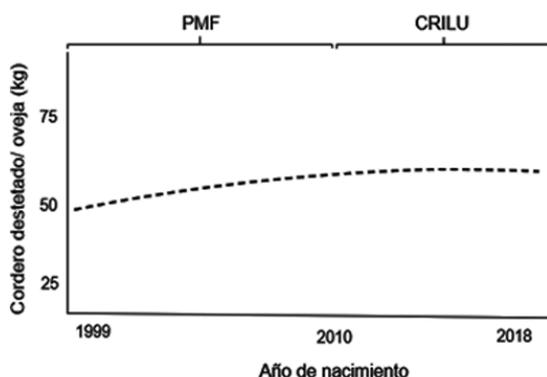
**Figura 3.** Tendencia fenotípica del DF por año de producción. Línea discontinua = borregas de 2 años; línea continua = ovejas de 3 a 6 años; línea punteada = ovejas  $\geq 7$  años. PMF = Proyecto Merino Fino (1999 – 2010); CRILU = Consorcio Regional de Innovación en Lanas Ultrafinas (2011 – 2020).



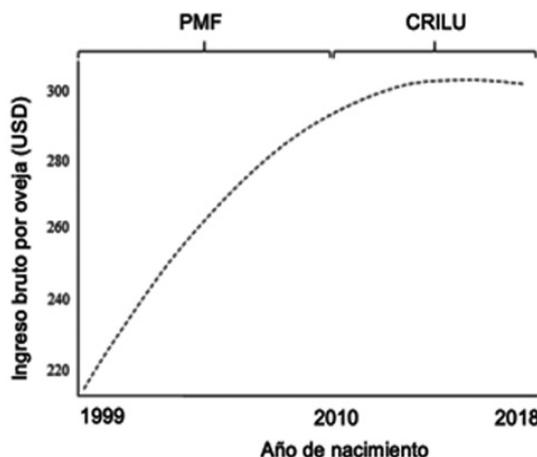
**Figura 4.** Tendencia fenotípica del PVS por año de producción. Línea discontinua = borregas de 2 años; línea continua = ovejas de 3 a 6 años; línea punteada = ovejas  $\geq 7$  años. PMF = Proyecto Merino Fino (1999 – 2010); CRILU = Consorcio Regional de Innovación en Lanas Ultrafinas (2011 – 2020).



**Figura 5.** Tendencia fenotípica del peso corporal a la encamurada por año de producción. Línea discontinua = borregas de 2 años; línea continua = ovejas de 3 a 6 años; línea punteada = ovejas  $\geq 7$  años. PMF = Proyecto Merino Fino (1999 – 2010); CRILU = Consorcio Regional de Innovación en Lanas Ultrafinas (2011 – 2020).



**Figura 6.** Tendencia fenotípica para el total de kilos de cordero destetado por oveja a lo largo de su vida. PMF = Proyecto Merino Fino (1999 – 2010); CRILU = Consorcio Regional de Innovación en Lanas Ultrafinas (2011 – 2018).



**Figura 7.** Ingreso bruto estimado por oveja a lo largo de su vida (cuatro oportunidades de parto) por año de nacimiento. El total de lana producida y el total de kilos de cordero destetado por oveja a lo largo de su vida fueron considerados constantes a lo largo de los años. Se asumió que todos los corderos fueron vendidos al destete. Los precios promedios de lana y carne fueron calculados en base a valores reales del período 2013 – 2019 y fueron aplicados a todo el período de estudio. PMF = Proyecto Merino Fino (1999 – 2010); CRILU = Consorcio Regional de Innovación en Lanas Ultrafinas (2011 – 2018).

cambios a lo largo del tiempo, con una tendencia levemente favorable. Con respecto al ingreso bruto por oveja, la Figura 7 muestra un importante incremento (26%) durante el PMF, con pocos cambios hacia el final del período de estudio. En total, el ingreso bruto por oveja durante su vida productiva aumentó aproximadamente 32%.

## 4. DISCUSIÓN

El presente estudio realizó un análisis fenotípico del núcleo ultrafino de la UEG durante el desarrollo del PMF y CRILU. Los resultados muestran una notoria reducción del diámetro de la fibra, incrementos en el peso de vellón y peso corporal de borrego/as y ovejas. Estos cambios fueron acompañados por una leve mejora en el desempeño reproductivo de la oveja. A continuación, se discutirán algunos de los resultados obtenidos en las categorías jóvenes y en las ovejas adultas.

### 4.1. Desempeño productivo de borregos/as

Durante el PMF, el DF de borrego/as se redujo aproximadamente 3 micras, lo cual es consistente con lo reportado en otros núcleos de selección Merino (Swan y Purvis, 2005; Greeff y Cox, 2006; Taylor, et al., 2007). El cambio en el DF se debió fundamentalmente al índice de selección utilizado como criterio para seleccionar los animales, al uso de material genético importado y a la alta heredabilidad de dicha característica (0,73; Ciappesoni et al., 2013). Durante el proyecto CRILU, los cambios en el DF de borrego/as fueron mínimos, manteniéndose por debajo de 16 micras. Considerando todo el período de estudio, hubo incrementos de aproximadamente 0,5 kg en el PVS y 3 kg en el PC post-esquila. Las tendencias fenotípicas del DF, PVS y PC de borrego/as reflejan en buena medida, los objetivos de selección establecidos en el PMF y CRILU.

Se ha indicado que el DF está influenciado por el aporte de nutrientes (Greeff et al., 2010; McGregor y Butler, 2016). En este estudio, el mejor plano nutricional en machos estuvo asociado a la producción de vellones más gruesos, lo cual es consistente con una relación positiva entre la nutrición y el DF (Ramos et al., 2019; McGregor, 2010; Khan et al., 2012). Las interacciones entre el sexo y el año para este rasgo podrían explicarse por las fluctuaciones en el nivel de precipitaciones que influye en el crecimiento de la pastura (Berretta, 1998), así como por las diferencias en la proporción de machos/

hembras provenientes de un determinado padre. Además, el mayor DF en los machos podría ser debido al efecto de la testosterona (Rather et al., 2019; Nazari-Zonouz et al., 2018).

El tipo de nacimiento y la edad de la madre también influyen en el DF de los borrego/as (Greeff et al., 2010), si bien el efecto del tipo de nacimiento sobre este rasgo no es claro (Kenyon y Blair, 2014). En el presente estudio, el tipo de destete no mostró ningún efecto sobre el DF de borrego/as. Con respecto a la edad de la madre, se ha indicado que hijo/as de ovejas jóvenes tendrían vellones más gruesos debido a deficiencias nutricionales en el período prenatal (Thompson et al., 2011a; Kelly et al., 2006). Sin embargo, otros estudios no reportan ningún efecto de la edad de la madre sobre el DF de los borrego/as (Wuliji et al., 1999). En el presente estudio, los hijo/as de ovejas de 2 años produjeron vellones más finos que los de ovejas adultas (e»3 años), lo cual concuerda con reportes previos (Thompson y Young, 2018). Las diferencias entre estudios relacionadas con el efecto de la edad de la madre y el tipo de destete sobre el DF de borrego/as podrían estar asociadas con diferencias en el peso corporal de la oveja a la encarnerada y su estado nutricional durante la gestación, lo cual puede afectar el DF de la progenie (Thompson et al., 2011a; McGregor et al., 2016). Además, en el presente estudio, el efecto de la edad de la madre sobre el DF de borrego/as puede estar influenciado por las diferencias en el mérito genético entre las madres jóvenes y las adultas, donde se espera que las madres más jóvenes posean un menor DF.

La nutrición prenatal puede afectar el potencial de producción de lana de borrego/as (Ciappesoni et al., 2013; Lewis y Beatson, 1999). Deficiencias nutricionales durante la etapa fetal y pre-destete pueden reducir el número de folículos secundarios, resultado en vellones más livianos (Thompson et al., 2011a; Kelly et al., 2006). En el presente estudio, los hijo/as de ovejas de 2 años produjeron un vellón 3,5% más liviano que los de ovejas de 3 a 6 años, lo cual concuerda con otros estudios (Safari et al., 2007b; Wuliji et al., 1999). Este resultado puede deberse a

que las madres jóvenes destinan parte de los nutrientes a su propio crecimiento, comprometiendo el desarrollo fetal y el número de folículos secundarios (Di et al., 2011). También puede explicarse por una menor producción de leche en madres jóvenes (Geenty, 2010). En el presente estudio, los corderos nacidos y destetados como múltiples tuvieron un PVS más bajo que los corderos nacidos y destetados como únicos, lo cual coincide con estudios previos (Safari et al., 2007b). Este resultado probablemente se debe al bajo peso al nacer y las menores tasas de crecimiento pre-destete en los corderos destetados múltiples, que dan como resultado vellones más livianos (Kenyon y Blair, 2014; Thompson et al., 2011a).

El PVS y PC de los ovinos está influenciado por el aporte de nutrientes (Ramos et al., 2019; Masters y Ferguson, 2019; Khan et al., 2012). En el presente estudio, los machos produjeron vellones más pesados que las hembras, lo cual coincide con previos reportes (Wuliji et al., 1999; Di et al., 2011). Los borregos del núcleo de la UEG fueron manejados en praderas y/o verdeos, y suplementados con afrechillo de arroz o raciones comerciales, mientras que las hembras se alimentaron casi exclusivamente sobre campo natural. Por lo tanto, el mayor PVS en los machos en comparación con las hembras en este estudio se explica en gran medida por una nutrición diferencial durante la fase posterior al destete (Ramos et al., 2019; Khan et al., 2012). La mayor producción de lana estuvo asociado a un mayor peso corporal, lo cual es consistente con una correlación fenotípica positiva entre estos dos rasgos (Mortimer et al., 2017). Estos hallazgos indican la importancia de considerar el grupo de manejo cuando se comparan los animales fenotípicamente.

Deficiencias nutricionales durante la vida fetal temprana influyen en el desarrollo muscular (Daniel et al., 2007). Por su parte, durante la etapa postnatal, los corderos mellizos reciben menos leche que los únicos, lo cual limita su tasa de crecimiento (Moffatt, 2002). En el presente estudio, los corderos destetados como múltiples tuvieron menor AOB que los destetados como únicos. Además, se ha reportado que la edad de la ma-

dre influye en el crecimiento del tejido adiposo de la descendencia, siendo la deposición de grasa más baja para los corderos hijos de ovejas jóvenes (Symonds et al., 2004). Sin embargo, en nuestro estudio no hubo efecto de la edad de la madre en el EG de borrego/as, lo cual es consistente con lo reportado por Romdhani y Djemali (2006).

#### 4.2. Desempeño productivo y reproductivo de ovejas

Durante el período de estudio, el DF de las ovejas presentó una tendencia similar a la de borrego/as. Este resultado es esperable dada la alta repetibilidad de este rasgo (0,76, 0,74 y 0,67, Manson et al., 1999; Murray et al., 2001 y Hatcher et al., 2005, respectivamente), y la estrategia de reemplazo de ovejas basada en incluir únicamente las borregas genéticamente más finas. La reducción del DF de las ovejas estuvo acompañada por aumentos en el PVS y el PC. El cambio en el PC de las ovejas a la encarnera fue similar al registrado en los borrego/as. Este resultado concuerda con otros estudios (Manson et al., 1999; Huisman y Brown, 2008) que indican que la selección por mayor PC a una cierta edad del animal resulta en incrementos del peso en todas las edades. El aumento del PC a la encarnera estuvo acompañado por disminuciones en la CC, indicando que las ovejas se volvieron más pesadas y a la vez más magras a lo largo del tiempo. La pérdida de condición corporal podría estar asociada a la reducción del DF y al incremento del PVS, dado que existen correlaciones (genéticas y fenotípicas) desfavorables entre estas dos últimas características y la condición corporal y/o contenido de grasa subcutánea (Walkom y Brown, 2017; Tait, 2020).

Se ha indicado que condiciones corporales entre 3 y 3,5 al momento de la encarnera se asocian con mejores tasas de concepción y la fecundidad (Tait, 2020). Durante el período CRILU, la CC a la encarnera fue inferior a la registrada en el PMF. Esta menor CC no afectó el total de kilos de cordero destetado a lo largo de la vida de la oveja, lo cual concuerda con reportes previos (Tait, 2020). La ausencia de un efecto de la CC en el momento de la encarnera sobre el total

de kilos de cordero destetado es esperable dado que hay varios eventos (nutricionales, sanitarios y de manejo) que ocurren entre la encarnerada y el destete que influyen en el peso vivo del cordero al destete (Tait, 2020). En este estudio, una adecuada alimentación y sanidad de las ovejas preñadas y lactantes probablemente atenuó los potenciales efectos de la CC a la encarnerada sobre el PC de los cordero/as al destete (Ramos y Montossi, 2014; Thompson et al., 2011b).

Se ha indicado que los programas de selección basados en la reducción del DF e incremento de PVL podrían afectar negativamente en el desempeño reproductivo de las ovejas (Bunter y Swan, 2021). Desde el punto de vista fenotípico, el presente estudio muestra que es posible reducir el DF e incrementar el peso de vellón sin afectar desfavorablemente el desempeño reproductivo de la oveja. Este resultado es respaldado por las correlaciones fenotípicas entre estos dos rasgos de lana (DF y PVS) y el número total de corderos destetados por oveja, las cuales son insignificantes (Dominik y Swan, 2018). Además, se ha sugerido que los efectos negativos del aumento de peso de vellón en el desempeño reproductivo ocurren bajo condiciones nutricionales restrictivas (Masters y Ferguson, 2019). En este estudio, las ovejas fueron alimentadas de acuerdo con sus requerimientos, lo que probablemente atenuó los eventuales efectos negativos del programa de selección sobre el desempeño reproductivo. El aumento del PC de las ovejas de este estudio probablemente contribuyó a mejorar sus indicadores reproductivos (Safari et al., 2005).

La estimación del impacto de la reducción del DF en el ingreso bruto de cada oveja a lo largo de su vida muestra importantes incrementos (aproximadamente 26%) durante el PMF, con pocos cambios hacia el final del período de estudio. Este resultado es esperable dado que, en la última década, los mayores diferenciales de precios (+50%) se han observado entre las categorías de 19 y 17 micras (Cámara Mercantil de productos del País, 2020). Es importante señalar que el cambio positivo en el desempeño reproductivo de la oveja hacia el final del período de es-

tudio impactaría positivamente en el ingreso bruto, pero este escenario no fue evaluado.

## 5. CONCLUSIÓN

Este estudio demuestra que, utilizando índices de selección apropiados y aplicando un adecuado plan nutricional, sanitario y de manejo, es posible producir lanas ultrafinas de alto valor y calidad, incrementar el peso de vellón y el peso corporal en borrego/as y ovejas adultas sin necesariamente comprometer el desempeño reproductivo de la majada. Es recomendable que los sistemas de producción de Merino ultrafino realicen monitoreos frecuentes de la condición corporal de las ovejas, apliquen un manejo nutricional diferencial de acuerdo con el estado fisiológico de las ovejas y establezcan un estricto plan sanitario.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Berretta, E. (1998).** Principales características climáticas y edáficas de la región de basalto en Uruguay. In Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto; Berretta, E., Ed.; Montevideo, Uruguay: Serie Técnica INIA 102, 3-10.
- Bunter, K., Swan, A. (2021).** Phenotypic trade-offs between lambs and wool reflect weak antagonistic genetic correlations between reproductive and wool traits. Proceedings of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics, Online Event, 2-4 November 2023, 46-49.
- Cámara Mercantil de productos del País. (2020).** Mercado Lanero; Montevideo, Uruguay, 2020. <http://www.camaramercantil.com.uy/softis/documentos/dl/lanas/>
- Chapman, J., Hebart, M., Brien, F. (2021).** Growth, body composition and body wrinkle are favourably correlated with reproductive performance in 2-8-year-old Merino sheep. *Animal Production Science* 61, 1873-1883.
- Ciappesoni, G., Goldberg, V., Gimeno, D. (2013).** Estimates of genetic parameters for worm resistance, wool, and growth traits in Merino sheep of Uruguay. *Livestock Science* 157, 65-74.
- Daniel, Z., Brameld, J., Craigon, J., Scollan, N., Buttery, P. (2007).** Effect of maternal die-

tary restriction during pregnancy on lamb carcass characteristics and muscle fiber composition. *Journal of Animal Science* 85, 1565-1576.

- Di, J., Zhang, Y., Tian, K., Liu, J., Xu, X., Zhang, Y., Zhang, T. (2011).** Estimation of (co) variance components and genetic parameters for growth and wool traits of Chinese superfine merino sheep with the use of a multi-trait animal model. *Livestock Science* 138, 278-288.
- Dominik, S., Swan, A. (2018).** Genetic and phenotypic parameters for reproduction, production and bodyweight traits in Australian fine-wool Merino sheep. *Animal Production Science* 58, 207-212.
- Geenty, K. (2010).** Lactation and lamb growth. In *International Sheep and Wool Handbook*; Cottle, D.J., Ed.; Nottingham University Press: Nottingham, UK, 2010, 259-276.
- Greeff, J., Cox, G. (2006).** Genetic changes generated within the Katanning Merino Resource flocks. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 46, 803-808.
- Greeff, J., Kinghorn, B., Brown, D. (2010).** Breeding and selection. In *International Sheep and Wool Handbook*; Cottle, D.J., Ed.; Nottingham University Press: Nottingham, UK, 2010, 165-188.
- Hatcher, S., Atkins, K., Thornberry, K. (2005).** Age changes in wool traits of Merino sheep in western NSW. *Proceedings of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics, Queensland, Australia, 25-28 September 2005*, 314-317.
- Huisman, A., Brown, D. (2008).** Genetic parameters for bodyweight, wool, and disease resistance and reproduction traits in Merino sheep. 2. Genetic relationships between bodyweight traits and other traits. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 48, 1186-1193.
- Kelly, R., Greeff, J., Macleod, I. (2006).** Lifetime changes in wool production of Merino sheep following differential feeding in fetal and early life. *Australian Journal of Agricultural Research* 57, 867-876.
- Kenyon, P., Blair, H. (2014).** Foetal programming in sheep—effects on production. *Small Ruminant Research* 118, 16-30.
- Khan, M., Abbas, A., Ayaz, M., Naeem, M., Akhter, M., Soomro, M. (2012).** Factors affecting wool quality and quantity in sheep. *African Journal of Biotechnology* 11, 13761-13766.
- Lewis, R., Beatson, P. (1999).** Choosing maternal-effect models to estimate (co) variances for live and fleece weight in New Zealand Coopworth sheep. *Livestock Production Science* 58, 137-150.
- Manson, D., Gallagher, J., Hynd, P., Pitchford, W. (1999).** Repeatability of performance ranking and wool production characteristics of Merino ewes in a semiarid farming environment. *Proceedings of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics, Madurah, Australia, 4-7 July 1999*, 94-97.
- Masters, D., Ferguson, M. (2019).** A review of the physiological changes associated with genetic improvement in clean fleece production. *Small Ruminant Research* 170, 62-73.
- McGregor, B. (2010).** Influence of stocking rate and mixed grazing of Angora goats and Merino sheep on animal and pasture production in southern Australia. 3. Mohair and wool production and quality. *Animal Production Science* 50, 168-176.
- McGregor, B., Butler, K. (2016).** Coarser wool is not a necessary consequence of sheep aging: Allometric relationship between fibre diameter and fleece-free liveweight of Saxon Merino sheep. *Animal* 10, 2051-2060.
- McGregor, B., De Graaf, S., Hatcher, S. (2016).** On-farm factors affecting physical quality of Merino wool. 1. Nutrition, reproduction, health and management. *Small Ruminant Research* 137, 138-150.
- MGAP. (2022).** Anuario estadístico agropecuario 2022. DIEA. 276 p.
- Moffatt, C. (2002).** Can lambs compensate for less milk by grazing more often. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association Conference, West Coast, New Zealand, 1 June 2002*, 103-106.
- Mortimer, S., Hatcher, S., Fogarty, N., Van der Werf, J., Brown, D., Swan, A., Greeff, J., Refshauge, G., Hocking, J., Gaunt, G. (2017).** Genetic parameters for wool traits, live weight, and ultrasound carcass traits in Merino sheep. *Journal of Animal Science* 95, 1879-1891.
- Murray, W., Mortimer, S., Atkins, K., Taylor, P., Anderson, S. (2001).** Style and production changes across ages in Merino sheep. *Proceedings of the Association for the*

Advancement of Animal Breeding and Genetics, Queenstown, New Zealand, 30 July 2001, 493-496.

- Nazari-Zonouz, F., Moghaddam, G., Rafat, S., Abdi, Z., Etemad Gorgan, K., Nabavi, R. (2018).** The effect of prepubertal castration on wool diameter and blood testosterone in ghezel breed. *Iranian Journal of Applied Animal Science* 8, 635-639.
- Piper, L., Swan, A., Brewer, H. (2007).** Brewer. Is increased fleece weight associated with reduced reproduction rate? Results from long term multi-trait selection flocks. Proceedings of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics, Armidale, New South Wales, Australia, 23-26 setiembre 2007, 103-106.
- Piper, L., Swan, A., Brewer, H. (2009).** Effects on lifetime reproductive performance of phenotypic selection for fleece weight, fiber diameter, body weight and related selection indexes. Proceedings of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics, Barossa Valley, South Australia, 28 de setiembre -1 de octubre 2009, 374-377.
- Piper, L., Swan, A., Brewer, H. (2013).** Current flock effects on lifetime reproductive performance of simulated selection at hogget age in Merino sheep for fleece weight, fiber diameter, body weight and relevant selection indexes. III. High rainfall region results. In Proceedings of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics. Napier, New Zealand, 20-23 octubre 2013, 102-105.
- Ramos, Z., Blair, H., De Barbieri, I., Ciappesoni, G., Montossi, F., Kenyon, P. (2021a).** Phenotypic Responses to Selection for Ultrafine Wool in Uruguayan Yearling Lambs. *Agriculture* 11, 179.
- Ramos, Z., Blair, H., De Barbieri, I., Ciappesoni, G., Montossi, F., Kenyon, P. (2021b).** Productivity and reproductive performance of mixed-age ewes across 20 years of selection for ultrafine wool in Uruguay. *Agriculture* 11, 712.
- Ramos, Z., Blair, H., De Barbieri, I., Ciappesoni, G., Montossi, F., Kenyon, P. (2022).** Desempeño productivo y reproductivo del Merino ultrafino uruguayo. *Revista INIA* 70,13-17.
- Ramos, Z., De Barbieri, I., Van Lier, E., Montossi, F. (2019).** Body and wool growth of lambs grazing on native pastures can be improved with energy and protein supplementation. *Small Ruminant Research* 171, 92-98.
- Ramos, Z., Montossi, F. (2014).** Alternativas tecnológicas para aumentar la supervivencia de corderos: Control Integrado de Partición en Ovinos. *Revista INIA* 38, 11-15.
- Ramos, Z. (2023).** Reproductive consequences of genetic improvement in clean fleece production in ultrafine Merino ewes: a thesis presented in partial fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Animal Science, Massey University, Palmerston North, New Zealand (Doctoral dissertation, Massey University).
- Rather, M., Shanaz, S., Ganai, N., Bukhari, S., Hamadani, A., Khan, N., Yousuf, S., Baba, A., Raja, T., Khan, H. (2019).** Genetic evaluation of wool traits of Kashmir Merino sheep in organized farms. *Small Ruminant Research* 177, 14-17.
- Romdhani, S., Djemali, M. (2006).** Estimation of sheep carcass traits by ultrasound technology. *Livestock Science* 101, 294-299.
- Safari, E., Fogarty, N., Gilmour, A., Atkins, K., Mortimer, S., Swan, A., Brien, F., Greeff, J., Van der Werf, J. (2007a).** Genetic correlations among and between wool, growth and reproduction traits in Merino sheep. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 124, 65-72.
- Safari, E., Fogarty, N., Gilmour, A., Atkins, K., Mortimer, S., Swan, A., Brien, F., Greeff, J., Van der Werf, J. (2007b).** Across population genetic parameters for wool, growth, and reproduction traits in Australian Merino sheep. 1. Data structure and non-genetic effects. *Australian Journal of Agricultural Research* 58, 169-175.
- Safari, E., Fogarty, N., Gilmour, A. (2005).** A review of genetic parameter estimates for wool, growth, meat and reproduction traits in sheep. *Livestock Production Science* 92, 271-289.
- Swan, A., Purvis, I. (2005).** Genetic progress in the T13 Merino breeding program. Proceedings of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics, Noosa, Australia, 25-28 September 2005, 165-168.
- Symonds, M., Pearce, S., Bispham, J., Gardner, D., Stephenson, T. (2004).** Timing of nu-

trient restriction and programming of fetal adipose tissue and development. *Proceedings of the Nutrition Society* 63, 397-403.

- Tait, I.M. (2020).** Genetic parameters of body condition score (BCS) and effects of BCS and BCS change on ewe performance. Ph.D. Thesis. New Zealand, Massey University. 1–169.
- Taylor, P., Bird-Gardiner, T., Mortimer, S., Atkins, K. (2007).** Selection Indexes Work for All Merino Strains and Breeding Objectives; Department of Primary Industry: Perth, Australia, 2007. Available online: <https://www.dpi.nsw.gov.au> (accessed on 1 October 2020)
- Thompson, A., Ferguson, M., Gordon, D., Kearney, G., Oldham, C., Paganoni B. (2011a).** Improving the nutrition of Merino ewes during pregnancy increases the fleece weight and reduces the fibre diameter of their progeny's wool during their lifetime and these effects can be predicted from the ewe's liveweight profile. *Animal Production Science* 51, 794-804.
- Thompson, A., Ferguson, M., Campbell, A., Gordon, D., Kearney, G., Oldham, C., Paganoni, B. (2011b).** Improving the nutrition of Merino ewes during pregnancy and lactation increases weaning weight and survival of progeny but does not affect their mature size. *Animal Production Science* 51, 784-793.
- Thompson, A., Young, J. (2018).** Improving the Reproductive Performance of Ewe Lambs—Management Guidelines, Economic Analysis, and Decision Support Tools; Meat and Livestock Australia Limited: Sydney, Australia, 2018, 1-42. Available online: <https://www.mla.com.au>
- Walkom, S., Brown, D. (2017).** Genetic evaluation of adult ewe bodyweight and condition: Relationship with lamb growth, reproduction, carcass and wool production. *Animal Production Science* 57, 20-32.
- Wuliji, T., Dodds, K., Land, J., Andrews, R., Turner, P. (1999).** Response to selection for ultrafine Merino sheep in New Zealand: Wool production and wool characteristics of ultrafine fibre diameter selected and control Merino yearlings. *Livestock Production Science* 58, 33-44.