

UNA ALTA EFICIENCIA DE CONVERSIÓN DEL ALIMENTO NO AFECTA NEGATIVAMENTE VARIABLES PRODUCTIVAS DE BORREGAS Y OVEJAS

I De Barbieri¹, E Navajas¹, Z Ramos², G. Ferreira³, J Velazco⁴, G Ciappesoni¹

1. INTRODUCCIÓN

Existe preocupación mundial en realizar un uso eficiente de los recursos naturales en el sector ganadero, donde alternativas que soporten un desarrollo sostenible pueden jugar un papel relevante (Navajas et al., 2022). En particular, se considera que la ganadería debería incrementar su producción de alimento, aunque no debería competir por el recurso tierra con otros rubros que también provean alimento a los humanos (Henry et al., 2018).

Una alternativa que ha sido sugerida para incrementar la eficiencia en el uso de los recursos, específicamente el alimento, es la selección de animales en base a su eficiencia de conversión (Archer et al., 1999). La eficiencia evaluada a través del consumo residual del alimento (CRA, o residual feed intake, RFI, en inglés) tiene potencial para ser incluida en un programa de mejora genética. El CRA es una característica heredable, presentando valores medios de heredabilidad de 0,11 a 0,45, según el estudio considerado (Cammack et al., 2005; Johnson et al., 2022; Paganoni et al., 2017; Tortereau et al., 2020). Los animales más eficientes realizan un consumo de alimento menor (consistente entre estudios), sin grandes cambios en variables de crecimiento, carcasa o lana (Cockrum et al., 2013) o resistencia a parásitos gastrointestinales (Ferreira et al., 2021; Douhard et al., 2022).

Se ha hipotetizado con consecuencias favorables de la selección por CRA, para mitigar la emisión de metano en bovinos y ovinos (Cottle et al., 2011). De hecho, fenotípicamente, hay reportes de una menor emisión de metano en grupos de animales contrastantes para CRA (Nkrumah et al., 2006; Waghorn y Hegarty, 2011). Desde el punto de vista genético, Paganoni et al. (2017) indica que la selección por CRA, indirectamente seleccionaría animales que emiten menos metano. Sin embargo, no hay consenso en este aspecto, ya que una correlación genética negativa y por lo tanto desfavorable ha sido reportada por Johnson et al. (2022) entre CRA y metano.

Douhard et al. (2022) basados en la teoría de distribución de recursos (Huber, 2017; Rauw, 2012) indican que una selección por productividad puede presentar antagonismos con variables de resiliencia o robustez, y que esto se puede ver aumentado al seleccionar también por eficiencia del uso del alimento. Sin embargo, en sus estudios no pudieron comprobar esta teoría. A pesar de ello en ovinos y bovinos, se han documentado resultados que pueden indicar ciertos antagonismos con la selección por eficiencia de conversión. Johnson et al. (2022) reportan una correlación fenotípica desfavorable de CRA con la deposición de grasa subcutánea en ovinos. Mientras que, en bovinos, fenotípicamente se ha detectado diferente deposición de grasa entre grupos contrastantes para CRA (Lines

¹Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Uruguay.

²Centro Universitario Regional Noreste, Universidad de la República, Uruguay.

³Secretariado Uruguayo de la Lana, Uruguay.

⁴Universidad Católica del Uruguay, Uruguay.

et al., 2014). Adicionalmente, en aspectos vinculados a la reproducción en bovinos, hay reportes de ausencia de efecto del grupo de CRA en la producción de leche, el crecimiento de los terneros al destete, o la dificultad al parto. En cambio, para la fertilidad, tasa de destete, y edad a la pubertad, la literatura es controversial, se reportan relaciones desfavorables o nulas con el grupo de CRA (Kenny et al., 2018). El impacto de CRA en el desempeño reproductivo de bovinos ha sido vinculado a la relación existente entre el tejido adiposo y la reproducción. Al observar los machos, se ha reportado (no consistentemente) una asociación desfavorable entre calidad de semen y grupo de CRA. En ovinos, desconocemos si existen estudios que vinculen el CRA con aspectos de la reproducción en sistemas pastoriles extensivos.

Diferentes correlaciones entre CRA y otras variables según el tipo racial han sido reportadas (Arthur et al., 2014). Así como también se han encontrado interacciones genotipo CRA y ambiente (diferentes dietas) (Cantalapiedra-Hijar et al., 2018). Esto sustenta la relevancia del estudio en las poblaciones y ambientes locales. La hipótesis de nuestro trabajo en 2018 fue que los animales **más** eficientes tendrán igual peso del cuerpo y ganancia de peso, aunque consumiendo menos alimento que los animales **menos** eficientes. En paralelo, la producción de lana y su calidad y la resistencia a parásitos gastrointestinales no se vería afectada, mientras que el engrasamiento de los animales **más** eficientes sería menor. En aspectos de reproducción (fertilidad, prolificidad y destete), esta sería igual o menor en los animales **más** eficientes. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el desempeño en el primer año de vida y hasta los 4 años de vida de hembras contrastantes para la característica eficiencia de conversión del alimento.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Todas las evaluaciones realizadas en este estudio cuentan con aprobación de CEUA INIA, con el número de expediente INIA 2018.2. **Es importante destacar que el trabajo realizado es para la evaluación de animales dentro de cada raza y el diseño**

experimental no permite la comparación entre razas, para ninguna de las variables.

2.1. Animales evaluados

El trabajo se realizó entre los años 2018 y 2022, e incluyó 3 generaciones (2018, 2019, 2020) de hembras nacidas en los núcleos de información Merino, Dohne y Corriedale, ubicados en la Unidad Experimental Glencoe (UEG) de INIA. Los animales de cada generación nacieron en la UEG, y en algún momento de sus primeros 14 meses de vida fueron trasladados a Unidad Experimental La Magnolia por un período de aproximadamente 60 días para la evaluación de consumo de alimento, emisión de metano y eficiencia de conversión del alimento. Posteriormente a esa evaluación, regresaron a la UEG (Cuadro 1).

Los animales nacieron en primavera y fueron destetados en los meses de diciembre y enero. La edad de destete fue 109 ± 9 , 125 ± 20 y 124 ± 27 días para Corriedale, Merino y Dohne, respectivamente. El momento de realización de la prueba de eficiencia y el número de animales evaluados difiere entre razas. En el periodo estival se evaluaron las corderas de la raza Corriedale (214 animales), durante el otoño-invierno se evaluaron las Merino (435 animales) y post primera esquila las Dohne (324 animales). La esquila del primer vellón se realizó en la UEG a los 407 ± 15 , 413 ± 9 y 397 ± 7 días de vida en Corriedale, Merino y Dohne, respectivamente. A los 16 meses de vida (enero) se realizó la selección de las hembras de remplazo, de acuerdo con los objetivos de selección de cada núcleo. La edad máxima considerada en este estudio es 4 años (cuarto vellón).

Los objetivos de selección en la raza Merino fueron descender diámetro de la fibra, incrementar peso de vellón y del cuerpo, en segunda instancia mejorar la resistencia a parásitos gastrointestinales. En Corriedale, el objetivo fue incrementar los partos múltiples, la resistencia a parásitos gastrointestinales y bajar el diámetro de la fibra. Finalmente, para Dohne, se buscaban animales con buen peso del cuerpo y espesor de grasa, moderados en peso de vellón y de bajo diámetro de fibra. La selección de los animales consideró

Cuadro 1. Número de hembras evaluadas según raza, generación y año de medición.

Raza	Generación	Año medición			
		2019	2020	2021	2022
Merino	2018	132	112	102	81
	2019		153	145	135
	2020			150	121
Dohne	2018	96	80	55	39
	2019		128	93	58
	2020			100	71
Corriedale	2018	68	42	15	8
	2019		82	72	52
	2020			64	55

Nota: El número destacado en la combinación año y generación, son las corderas evaluadas al primer vellón en año siguiente a su nacimiento y que fueron medidas en la prueba de eficiencia. Los siguientes números son las hembras que permanecen en la majada de cría en cada año de acuerdo con su generación.

aspectos sanitarios (enfermedades parasitarias y/o infecciosas), fenotípicos (estándares raciales) y genéticos (diferencias esperadas en la progenie, DEPs).

2.2. Determinaciones

La determinación de cada característica en las hembras jóvenes y en las ovejas ha sido descrita en De Barbieri et al. (2021), Ramos et al. (2021a,b), así como particularidades del paquete tecnológico utilizado en las fases de recría y cría. Detalles adicionales de los manejos en la fase de cría de cada núcleo han sido detallados en De Barbieri et al. (2024). Finalmente, un detalle de los procedimientos utilizados para la determinación del consumo de alimento, emisión de metano y eficiencia de conversión se presentan en esta publicación (Amarilho et al., en esta publicación).

La información que se presentará corresponde a 18 pruebas de eficiencia de conversión realizadas entre los años 2019 y 2022. Una característica de estas pruebas de eficiencia ha sido la alimentación 100% forrajera que se brinda a los animales. Argumentado en que los sistemas de producción de ovinos doble propósito en Uruguay son basados en sistemas pastoriles al aire libre. El forraje fue henilaje de alfalfa, dos veces

por semana se muestreó el alimento con el fin de monitorear la MS, luego de ser secado por 72 h a 60 °C en estufa de aire forzado. Estas muestras secas se molieron a 1 mm y se realizaron análisis para establecer la composición química. Se estimaron la materia seca (MS) analítica (AOAC, 1990), cenizas (AOAC, 1990), fibra detergente ácida y neutra (FDA y FDN) (Ankom technology method, AOAC, 2012), contenido de N (Kjeldahl, AOAC, 1995), extracto etéreo (Ankom technology method, Yemm y Willis, 1954) y proteína cruda (PC) (Goering y Van Soest, 1970). El contenido de MS fue $61,2 \pm 7,0\%$, mientras que la PC, FDA, FDN, cenizas y EE fueron respectivamente $21,7 \pm 1,4\%$; $27,9 \pm 2,8\%$; $35,5 \pm 3,0\%$; $11,4 \pm 1,5\%$ y $2,0 \pm 0,3\%$.

2.3. Análisis estadístico

Todos los cálculos previos y los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software SAS (SAS® Studio version 3.81, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). En una primera instancia se categorizó a los animales de acuerdo con su eficiencia de conversión. Para ello, se utilizó la forma de estimación de ganancia de peso (GMD), consumo de alimento y eficiencia de conversión indicada por Amarilho-Silveira et al. (en esta publicación), siguiendo la pauta de Koch et al. (1963) para el cálculo de CRA, incluyendo

la GMD y peso vivo metabólico promedio de la prueba. Como particularidad, el cálculo de CRA se realizó dentro de cada raza, y se consideró en el modelo los siguientes términos adicionales: edad a la medición (covariable), número de prueba-corral (incluye efecto de la generación y año).

Luego de conocer el CRA de cada animal, se estableció que los animales en el 25% inferior del valor de CRA (debajo del cuartil 1), serían los **bajo CRA** (o los más eficientes), entre los valores 25 y 75% **medio CRA** y los animales con valores superiores o iguales al valor 75% (por encima del cuartil 3) serían los **alto CRA** (los menos eficientes).

Para las características evaluadas en el primer año de vida y en la vida posterior de las ovejas seleccionadas, se realizó un análisis de estadística descriptiva, en la sección resultados se presenta la media y desvío estándar (DE) de cada característica (Cuadros 2 y 3).

Posteriormente para evaluar el efecto del grupo de eficiencia de conversión en el desempeño de las hembras en el primer año, se utilizó un modelo general lineal en base al procedimiento GLM de SAS. El modelo incluyó como efecto fijo el grupo de CRA (previamente establecido) (el cual incluye la generación, el año, edad en la determinación). Los animales que presentaron GMD menor a 0,01 kg o un r^2 menor a 0,5 en el cálculo de GMD no fueron considerados en análisis posteriores.

En el caso de las madres para las variables de peso, condición y características a la esquila, así como producción de corderos en kilos, el modelo general lineal incluyó los efectos del año-generación (edad) y grupo de CRA. En peso y condición a la encarnera se incluyó la carga fetal del año previo como covariable, mientras que en esas determinaciones parto y destete se incluyó la carga fetal del año como covariable. En la variable kilos de corderos al destete, se incluyó el grupo de manejo (no preñadas, preñadas con un cordero, preñadas con dos corderos) y se corrigió el peso de destete de los corderos a 110 días de vida.

La variable fertilidad se analizó considerando una distribución binomial, mientras que

las variables prolificidad, parición y supervivencia de corderos (diferencia entre corderos destetados y nacidos de cada oveja) se consideró una distribución Poisson. En estas características se utilizó un modelo general lineal con el procedimiento GENMOD de SAS. El año-generación y grupo CRA fueron los efectos fijos incluidos.

Se presentan en los resultados (Cuadros 4 y 5) las medias y error estándar (EE) para cada característica para las clases Alto y Bajo CRA, las medias se consideraron diferentes cuando $p < 0,05$.

3. RESULTADOS

En el Cuadro 2 se presentan las medias (\pm DE) y números de animales evaluados para las variables realizadas en torno a la esquila así como aquellas estimadas o calculadas en la prueba de eficiencia de conversión del alimento en las hembras, entre el destete y sus 15 meses de vida. Los animales alcanzaron a la esquila un peso superior al 70% del peso de las adultas con una condición en torno a 3 unidades. Con un peso de vellón sucio que va de 2,5 s 3,3 kg con un diámetro de la fibra entre 14 y 23 micras, dependiendo de la raza. En la prueba de eficiencia, obtuvieron una eficiencia entre 7 y 10 kg de alimento para generar 1 kg de peso del cuerpo. Mientras que el consumo estuvo entre 3,0 y 3,5% del peso del cuerpo medio en la prueba.

En el Cuadro 3 se puede observar la cantidad de ovejas evaluadas (entre el año 2 y 4 de vida) y las medias (\pm DE) de cada una de las variables estudiadas para las tres razas. Las ovejas llegaron a la encarnera con una condición corporal entre 2,9 y 3,3 unidades y un peso del cuerpo de 48,3, 50,1 y 58,6 kg para Merino, Corriedale y Dohne, respectivamente. La fertilidad estuvo entre 83 y 93%, mientras que la parición 106 y 132%. Estas razas doble propósito con diferente énfasis en carne y lana presentaron una producción de vellón entre 3,0 y 3,4 kg de vellón sucio con un micronaje entre 15 y 27 micras en promedio. Paralelamente, el peso de cordero destetado ajustado a 110 días de lactación representó entre 50 y 65% del peso de las ovejas a la encarnera.

Cuadro 2. Media (\pm DE) y número de hembras evaluadas durante su primer año de vida, para cada característica y raza.

Característica	Merino		Dohne		Corriedale	
	n	Media \pm DE	n	Media \pm DE	n	Media \pm DE
Peso vivo a la esquila (kg) ¹	435	38,0 \pm 4,8	323	43,5 \pm 4,9	214	36,2 \pm 4,1
Condición corporal (unidades) ¹	434	2,9 \pm 0,4	322	3,1 \pm 0,4	215	3,0 \pm 0,3
Vellón sucio (kg) ¹	435	3,26 \pm 0,48	323	2,52 \pm 0,39	214	2,83 \pm 0,42
Diámetro de fibra (μ m) ¹	434	14,6 \pm 0,9	319	18,2 \pm 1,3	212	23,0 \pm 1,8
Largo de mecha (cm) ¹	434	9,7 \pm 1,1	319	9,7 \pm 1,3	212	11,6 \pm 1,4
Huevos parásitos (Ln n/g heces)	422	7,4 \pm 0,8	309	6,9 \pm 1,2	188	6,0 \pm 1,2
Metano (g/d) ²	420	21,0 \pm 4,4	317	27,2 \pm 5,5	215	16,5 \pm 4,7
Metano (g/kg consumo MS) ²	420	16,7 \pm 3,4	317	17,9 \pm 3,9	215	13,6 \pm 3,2
Metano (g/kgGPV) ²	420	0,144 \pm 0,051	317	0,178 \pm 0,063	215	0,098 \pm 0,032
Peso vivo a la prueba (kg)	435	37,9 \pm 4,2	323	50,4 \pm 5,4	215	34,5 \pm 4,7
Consumo MS (kg/d) ²	435	1,271 \pm 0,192	323	1,540 \pm 0,245	215	1,213 \pm 0,21
Área de ojo de bife (cm ²) ²	434	7,1 \pm 1,2	323	10,1 \pm 1,9	215	6,9 \pm 1,4
Espesor de grasa (mm) ²	434	2,0 \pm 0,7	323	2,6 \pm 0,9	215	2,6 \pm 1,1
Consumo residual alimento (kg/d) ²	435	-0,003 \pm 0,103	323	0,001 \pm 0,140	215	-0,004 \pm 0,108
Ganancia peso vivo (g/d) ²	435	0,161 \pm 0,052	323	0,166 \pm 0,051	215	0,175 \pm 0,042
Conversión alimento (kg/kg) ²	435	8,61 \pm 2,70	323	10,1 \pm 3,4	215	7,25 \pm 1,96
Visitas a comer (n) ²	435	59,4 \pm 17,6	323	84,3 \pm 15,2	215	55,5 \pm 17,3
Tiempo consumo (seg/d) ²	435	7548 \pm 1849	323	5495 \pm 1989	215	8827 \pm 1905
Tiempo por visita (seg) ²	435	160 \pm 69	323	71 \pm 30	215	196 \pm 74
Consumo MS por visita (kg) ²	435	0,023 \pm 0,007	323	0,019 \pm 0,004	215	0,023 \pm 0,006

Nota: ¹ Determinaciones realizadas a la esquila del primer vellón. ² Determinaciones vinculadas a la prueba de eficiencia de conversión del alimento. MS materia seca. GPV ganancia de peso vivo. Vellón sucio y Largo de mecha corregidos a 365 días de crecimiento. El diseño experimental no permite la comparación entre razas.

Cuadro 3. Media (\pm DE) y número de madres (registros) evaluadas para cada característica y raza.

Característica	Merino		Dohne		Corriedale	
	n	Media \pm DE	n	Media \pm DE	n	Media \pm DE
Peso vivo (kg)						
Encarnerada	696	48,3 \pm 5,9	394	58,6 \pm 6,9	245	50,1 \pm 5,6
Preparto	694	49,3 \pm 7,3	394	64,7 \pm 8,4	243	49,7 \pm 7,3
Destete	670	48,5 \pm 6,5	381	60,0 \pm 7,0	218	51,7 \pm 7,2
Condición corporal (unidades)						
Encarnerada	695	2,9 \pm 0,3	394	3,3 \pm 0,5	245	3,1 \pm 0,4
Preparto	695	2,8 \pm 0,4	394	3,5 \pm 0,5	243	2,9 \pm 0,5
Destete	671	2,6 \pm 0,4	381	3,0 \pm 0,4	218	2,9 \pm 0,5
Vellón sucio (kg)	695	3,37 \pm 0,66	392	3,06 \pm 0,51	243	3,32 \pm 0,61
Diámetro de fibra (μ m)	691	15,8 \pm 1,0	390	20,1 \pm 1,4	244	26,7 \pm 2,3
Largo de mecha (cm)(365)	691	8,7 \pm 1,5	390	8,8 \pm 1,4	244	9,6 \pm 1,4
Fertilidad (%)	695	83,2 \pm 37,4	395	92,7 \pm 26,1	223	88,7 \pm 31,7
Prolificidad (%)	578	127,2 \pm 46,8	366	142,7 \pm 52,8	198	126,9 \pm 44,5
Parición (%)	695	106 \pm 0,64	395	132 \pm 0,63	223	113 \pm 0,58
Supervivencia corderos (%)	695	94,2 \pm 16,4	394	92,4 \pm 19,7	222	94,4 \pm 17,2
Destete (kg cordero/oveja)	569	25,8 \pm 8,4	360	37,8 \pm 14,0	190	25,7 \pm 11,8
Destete (kg cordero/kg ^{0,75} oveja)	569	1,41 \pm 0,43	359	1,78 \pm 0,63	190	1,35 \pm 0,58

Nota: Fertilidad (fetos/oveja encarnerada), Prolificidad (fetos/oveja preñada), Parición potencial (fetos/oveja encarnerada), Supervivencia (corderos vivos a la señalada/corderos nacidos), Corderos destetados (kilos de cordero corregidos por edad/oveja encarnerada). El diseño experimental no permite la comparación entre razas.

Los resultados de la comparación entre grupos contrastantes para CRA en las hembras jóvenes se presenta en el Cuadro 4. Consistentemente, en las tres razas, no hay asociación ($p > 0,05$) del grupo de CRA con el peso vivo, condición corporal, producción de lana y largo de mecha a la primera esquila o la resistencia a PGI en el primer año de vida.

En las variables medidas en la prueba, la intensidad de emisión de metano, peso vivo, ganancia de peso, área de ojo de bife y espesor de grasa fue igual entre grupos CRA en las tres razas. Las diferencias entre alto y bajo CRA que se observaron en las tres razas fueron en consumo total y residual de alimento, conversión del alimento y visitas a comer, siendo en todos los casos mayor en animales menos eficientes. En contraparte, la emisión de metano corregida por el con-

sumo del alimento en la prueba fue menor en los animales menos eficientes (alto CRA). Mientras que en Merino, la emisión diaria fue menor en los más eficientes.

En las hembras adultas (Cuadro 5) para las variables peso del cuerpo o condición corporal, en ninguna raza o momento del ciclo, se detectó una diferencia a favor de los animales menos eficientes, excepto para Merino al parto y Corriedale en la encarnerada. En producción de lana, la misma fue mayor ($p < 0,05$) en el grupo alto CRA (menos eficiente) en las tres razas. Para Dohne, a diferencia en producción fue acompañada por mayor largo de mecha ($p < 0,05$). En las variables estimadas para evaluar la reproducción, no se detectó ninguna diferencia significativa entre grupos de alto y bajo CRA ($p > 0,05$), excepto una fertilidad superior en Merino.

Cuadro 4. Desempeño (media y error estándar) de las hembras en su primer año, de acuerdo con su fenotipo de eficiencia de conversión del alimento para cada raza evaluada.

Característica	Merino				Dohne				Corriedale			
	Alto CRA		Bajo CRA		Alto CRA		Bajo CRA		Alto CRA		Bajo CRA	
	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	
Peso vivo (kg) ¹	37,5	38,3	0,41	43,8	43,5	0,50	36,0	36,7	0,52	36,0	36,7	0,52
Condición corporal (unidades) ¹	2,8	2,9	0,03	3,0	3,1	0,04	3,0	3,1	0,04	3,0	3,1	0,04
Vellón sucio (kg) ¹	3,676	3,656	0,049	2,843	2,717	0,043	3,144	3,109	0,056	3,144	3,109	0,056
Diámetro de fibra (µm) ¹	14,7	14,5	0,08	18,3	18,1	0,13	23,3	22,8	0,22	23,3	22,8	0,22
Largo de mecha (cm) ¹	10,9	11,0	0,12	10,6	10,6	0,15	13,3	12,8	0,23	13,3	12,8	0,23
Huevos parásitos (Ln n/g heces)	7,4	7,3	0,07	6,9	6,7	0,13	6,2	5,7	0,16	6,2	5,7	0,16
Metano (g/d) ²	21,9 a	20,4 b	0,39	27,0	27,3	0,56	16,2	16,0	0,59	16,2	16,0	0,59
Metano (g/kg consumo MS) ²	15,6 b	17,6 a	0,29	15,8 b	20,5 a	0,36	11,8 b	14,8 a	0,38	11,8 b	14,8 a	0,38
Metano (g/kgGPV) ²	0,147	0,134	0,005	0,182	0,174	0,006	0,096	0,096	0,004	0,096	0,096	0,004
Peso vivo a la prueba (kg) ²	37,8	38,1	0,37	50,8	50,2	0,54	35,0	34,6	0,58	35,0	34,6	0,58
Consumo MS (kg/d) ²	1,398 a	1,171 b	0,015	1,719 a	1,347 b	0,021	1,364 a	1,079 b	0,023	1,364 a	1,079 b	0,023
CRA (kg/d) ²	0,130 a	-0,127 b	0,004	0,172 a	-0,180 b	0,007	0,133 a	-0,128 b	0,006	0,133 a	-0,128 b	0,006
Ganancia peso vivo (g/d) ²	0,160	0,169	0,005	0,162	0,169	0,005	0,177	0,175	0,005	0,177	0,175	0,005
Área de ojo de bife (cm ²) ²	7,0	7,2	0,11	10,3	10,0	0,20	6,8	7,1	0,17	6,8	7,1	0,17
Espesor de grasa (mm) ²	2,1	2,0	0,06	2,6	2,5	0,09	2,7	2,9	0,14	2,7	2,9	0,14
Conversión alimento (kg/kg) ²	9,4 a	7,6 b	0,2	11,6 a	8,5 b	0,3	8,2 a	6,5 b	0,2	8,2 a	6,5 b	0,2
Visitas a comer (n) ²	69,5 a	51,0 b	1,4	92,7 a	75,6 b	1,4	68,7 a	46,1 b	1,9	68,7 a	46,1 b	1,9
Tiempo consumo (seg/d) ²	8076 b	7190 b	159,2	6394 a	4897 b	193,6	8906	8484	236,9	8906	8484	236,9
Tiempo por visita (seg) ²	146 b	175 a	6,0	74	71	3,0	163 b	221 a	8,9	163 b	221 a	8,9
Consumo MS por visita (kg) ²	0,021 b	0,025 a	0,001	0,019	0,018	0,000	0,021 b	0,025 a	0,001	0,021 b	0,025 a	0,001

Nota: CRA consumo residual del alimento, MS materia seca, GPV ganancia de peso vivo. Medias con letras diferentes dentro de raza y característica son estadísticamente diferentes a una p < 0,05.

¹Determinaciones realizadas a la esquila del primer vellón.

² Determinaciones vinculadas a la prueba de eficiencia de conversión del alimento. Vellón sucio y Largo de mecha corregidos a 365 días de crecimiento. El diseño experimental no permite la comparación entre razas.

Cuadro 5. Desempeño (media y error estándar) de las ovejas, de acuerdo con su fenotipo de eficiencia de conversión de alimento para cada raza evaluada.

Característica	Merino		Dohne		Corriedale	
	Alto CRA	Bajo CRA	Alto CRA	Bajo CRA	Alto CRA	Bajo CRA
Peso vivo (kg)						
Encarnerada	50,1	50,5	58,6	58,6	50,3	50,5
Preparto	50,2	50,4	64,9	65,2	50,1	51,5
Destete	50,3	50,5	63,6	64,0	54,9	54,9
EE	1,26	1,45	0,71	0,72	0,06	0,06
Condición corporal						
Encarnerada	2,8	2,8	3,1	3,1	2,9 b	3,1 a
Preparto	2,8 b	2,8 a	3,5	3,5	2,9	3,0
Destete	2,7	2,7	3,2	3,2	3,1	3,1
EE	0,08	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05
Vellón sucio (kg)	3,481 a	3,365 b	3,273 a	3,130 b	3,533 a	3,370 b
Diámetro de fibra (μm)	15,8	15,6	20,3	19,9	27,4	26,7
Largo de mecha (cm)	8,9	8,7	9,2 a	8,7 b	10,2	10,3
EE	0,07	0,07	0,11	0,11	0,15	0,15
Fertilidad (%)	78,2 b	88,3 a	90,2	94,3	82,6	87,8
Prolificidad (%)	131,3	129,4	147,8	143,6	136,1	123,7
Partición (%)	102,5	113,5	131,0	133,4	109,6	109,3
Supervivencia corderos (%)	94,3	95,0	92,2	90,8	93,7	94,1
Destete (kg cordero/oveja)	27,9	29,5	38,8	38,5	29,8	31,0
Destete (kg cordero/kg ^{0,75} oveja)	1,48	1,56	1,80	1,77	1,55	1,60
EE	0,03	0,03	0,05	0,05	0,07	0,07

Nota: Fertilidad (fetos/oveja encarnerada), Prolificidad (fetos/oveja preñada), Partición potencial (fetos/oveja encarnerada), Supervivencia (corderos vivos a la señalada/corderos nacidos), Corderos destetados (kilos de cordero corregidos por edad/oveja encarnerada), CRA consumo residual del alimento. Medias con letras diferentes dentro de raza y característica son estadísticamente diferentes a una $p < 0,05$. El diseño experimental no permite la comparación entre razas.

4. DISCUSIÓN

La hipótesis que los animales más eficientes tendrán igual peso del cuerpo y ganancia de peso, aunque consumiendo menos alimento que los animales menos eficientes, fue aceptada. De la misma forma que la hipótesis que la producción de lana y su calidad y la resistencia a parásitos gastrointestinales en el primer año de vida no se vería afectada. Sin embargo, se rechazó la suposición que el engrasamiento de los animales más eficientes sería menor. Esto no se observó ni en la medición de espesor de grasa o condición corporal como indicador indirecto del nivel de engrasamiento. Asimismo, la expectativa de una menor reproducción en los animales más eficientes no fue comprobada.

4.1. Poblaciones evaluadas

Se ha indicado que las hembras deberían alcanzar un peso vivo de al menos el 60% del peso adulto (MLA y AWI, 2008) al final del primer invierno y de al menos el 75% en su primera encarnada. Las hembras de las tres razas, a la esquila superaron el 70% del peso de las ovejas, con una condición corporal de 3 unidades, la cual es considerada adecuada (Kenyon et al., 2014), no es un animal ni flaco ni gordo. Es justo indicar, que el peso de las ovejas de este estudio es menor al peso adulto de las ovejas de estos núcleos, sí se considera que existe un aumento sustancial de peso al menos hasta el 4^{to} vellón o 4^{to} año de vida de esa oveja (Cloete et al., 2003; Ramos et al., 2021b). En conclusión, el proceso de recría de las hembras del estudio, sobre pasturas nativas y con suplementación estratégica estival se considera fue adecuado.

El núcleo Merino, tenía una selección de 20 años (1998-2018) al inicio del estudio, con foco en disminuir el diámetro de la fibra, y en la última década con un segundo objetivo de incrementar el peso del cuerpo y vellón. Los resultados de este proceso de selección se pueden visualizar al comparar con un núcleo (machos y hembras) similar en Australia (Dominik y Swan, 2016), los animales de Uruguay presentaron un diámetro 2 micras menor, con superior peso (~14 kg) y vellón (~1 kg). Adicionalmente, luego de 5 años

de selección por Merino ultrafino (machos y hembras) en Nueva Zelanda (Wuliji et al., 1999), obtuvieron animales con un poco más de peso (41,3 kg), menor vellón (2,94 kg) y mayor diámetro (16,8 micras). La selección en nuestro núcleo Corriedale, tenía 4 años de iniciada en 2018 y estaba focalizada en incrementar los partos múltiples, la resistencia a parásitos gastrointestinales y eventualmente en bajar el diámetro de la fibra. Los animales de este estudio presentaron superior peso vivo a la esquila (36,2 vs 33,3 kg) y peso de vellón (2,83 vs 2,58 kg) y menor diámetro de la fibra (23,0 vs 24,2 micras) y huevos de parásitos por gramo de heces (Ln hpg) (6,0 vs 6,8) que en otro núcleo Corriedale (machos y hembras) evaluado años antes en la misma estación experimental (De Barbieri et al., 2021). El objetivo de selección en el núcleo Dohne, desde sus inicios en 2007 con muy pocos animales, fue mantener o aumentar peso del cuerpo y espesor de grasa, y disminuir diámetro de la fibra. En este estudio los animales presentaron menores pesos del cuerpo, peso de vellón y diámetro de la fibra que en las poblaciones de Australia y Sudáfrica reportadas respectivamente por Li et al. (2013) y Van Wyk et al. (2008). En conclusión, las características de los animales evaluados al primer año de vida son acorde a los objetivos de producción de cada raza (doble propósito, diferente énfasis en carne o lana) y los objetivos de selección específicos de cada núcleo, e indican que los animales tuvieron un proceso de recría adecuado.

El consumo estimado en el presente estudio se encuentra dentro del rango de consumo reportado por otros trabajos (1,2 y 2,3 kgMS/a/d). Se destaca una variedad de genotipos evaluados, en general entre los dos meses y un año de vida y en general los estudios se han realizado con pellets de raciones totalmente mezcladas, aunque hay estudios también con pellets de alfalfa. Por otro lado, el consumo relativo al peso vivo se encontró entre 3,0 y 3,5% del peso vivo, logrando ganancias entre 160 y 175 g/a/d. Ganancias en general inferiores a muchos de los reportes, básicamente explicado por las diferencias raciales (razas deslanadas, doble propósito, laneras, maternas o carniceras), edad (diferentes edades) y tipo de dieta

(concentrado, ración totalmente mezclada versus forraje). De la misma forma, la dieta puede explicar porque se observa un comportamiento ingestivo diferente, con un mayor número de visitas en nuestro caso, con un menor consumo por visitas. Finalmente, la emisión de metano diaria se encuentra en los reportes de la bibliografía (17 a 33 g/a/d).

Marie-Etancelin et al. (2019) evaluaron corderos Romane, con 3 meses de vida y 36,4 kg al inicio de la prueba. En dicho estudio se reportó un consumo de 1,96 kgMS/d de ración totalmente mezclada en pellets en 15 visitas por día, alcanzando una ganancia de peso de 346 g/a/d. También utilizando una RTM en pellets pero de menor calidad, Muir et al. (2020) evaluaron el consumo de animales de 10 meses de edad (raza compuesta maternal) y 39,4 kg al inicio de la prueba, reportando un consumo de 1,4 kg/d, permitiendo una ganancia de peso de 167 g/a/d y una emisión de metano de 21,4 g/a/d. Por otra parte, también en Australia, se evaluó la raza Merino Australiano entre los 4 y 10 meses de vida (Paganoni et al., 2017) con una RTM pellets para crecimiento. En ese trabajo se reportó un consumo de 1,4 kgMS/d y una emisión de metano de 32,7 g/d. Johnson et al. (2022), en Nueva Zelanda, utilizaron la alfalfa en pellets para evaluar el CRA en animales de razas maternales. Estos animales promediaron una ganancia de peso de 350 g/a/d, con un peso medio de 57,4 kg, un consumo de 2,3 kgMS/d y una emisión de metano de 17,2 g/d, con un promedio de 14 visitas al comedero por día. El CRA también se ha evaluado en razas deslanadas (Lima et al., 2022) en Brasil, con dietas RTM en pellets. En este estudio se estimó un consumo entre 1,25 y 1,44 kgMS/d, para animales con un peso medio en la prueba de 33 kg y una ganancia de peso de 280-300 g/a/d.

La comparación entre razas no fue un objetivo de este trabajo, incluso el diseño no lo permite. Sin embargo, es interesante como la emisión de metano en Corriedale es notoriamente inferior que los otros grupos, incluso por kg de MS o peso vivo (PV). De la misma forma, la ganancia de PV en relación con el peso vivo de los animales es superior en Corriedale, seguida por Merino y por último en Dohne. Si bien no es posible concluir al

respecto, es relevante considerar que estas aparentes diferencias pueden estar explicadas por la edad de los animales al momento de la prueba de eficiencia, así como el desarrollo relativo con su peso adulto y no por la raza.

Animales alimentados con dietas de buena calidad pueden expresar su consumo potencial, y este suele ser mayor de forma relativa en animales más jóvenes (como en Corriedale, por ejemplo) (Zereu, 2016). En paralelo, a la demanda para crecimiento de animales jóvenes, estos poseen una tasa de pasaje superior que animales de más edad (Faichney, 2005), esta mayor tasa de pasaje puede explicar también el mayor consumo relativo de estos animales jóvenes. Por otra parte, una mayor tasa de pasaje vinculado a un mayor consumo, se ha relacionado con una menor emisión de metano en relación al alimento consumido (De Barbieri et al., 2015; Johnson y Johnson, 1995), lo que sustenta esa menor emisión de animales jóvenes. Por otra parte, según Oddy y Sainz (2002), el consumo voluntario comienza a descender cuando los animales alcanzan el 70% del PV adulto, como es el caso de los animales Dohne de este estudio. Finalmente, en base a la curva de crecimiento, el patrón de deposición de grasa y músculo entre genotipos es muy similar, cuando es comparado de forma relativa al peso adulto del genotipo (Oddy y Sainz, 2002). En este patrón se considera el músculo como un tejido de deposición intermedio y la grasa un tejido de deposición más tardío, con una densidad de energía diferente, siendo 17 vs 38 kJ/g para músculo y grasa respectivamente (Geesink y Zerby, 2010). Esto es consistente, con la eficiencia de conversión muy diferencial entre las razas de nuestro trabajo. Las edades de los animales de los diferentes genotipos y el momento de madurez, que implica cambios en la deposición de tejidos y consumo voluntario, pueden explicar la ganancia relativa superior de Corriedale versus Merino y por último Dohne.

Las ovejas a la encarnerada presentaron un peso vivo entre 50 y 60 kg y una condición corporal muy cercana a 3 unidades. La condición corporal se encuentra en el rango recomendado para la encarnerada (MLA y AWI, 2008; Kenyon et al., 2014), para alcan-

zar una buena fertilidad, prolificidad y un uso adecuado del recurso nutricional al evitar animales muy gordos en promedio. Los animales Dohne de nuestro estudio presentan menor peso vivo, condición corporal, peso de vellón y similar diámetro que el trabajo de Cloete y Cloete (2015) y Ransom et al. (2015) en Sudáfrica y Australia, respectivamente. Incluso teniendo en cuenta que el crecimiento de los animales continuará en los sucesivos vellones, las diferencias en peso pueden disminuir, aunque difícilmente desaparecer al ser mayores a 10 kg. Una situación similar sucede con Merino al comparar con esos dos estudios, sin embargo, en relación con una población de Merino fino (Dominik y Swan, 2016), los animales de Uruguay son más pesados, producen más lana y de mucho menor micronaje. Con relación a Corriedale, antecedentes nacionales (De Barbieri et al., 2021; Kremer et al., 2010) indican que las ovejas de este estudio presentan pesos vivos similares a otros trabajos, aunque con una mayor producción de lana y menor diámetro de fibra. Las ovejas Corriedale, estuvieron entre 2019 y 2021 en la región de Basalto y luego en un campo en suelos de Areniscas. Este cambio afectó negativamente el peso de los animales, y si lo sumamos a la edad de este grupo de ovejas, sería plausible de esperar que su peso fuese superior a los antecedentes.

La fertilidad, prolificidad y parición de Merino fue superior a los reportes de una población de Merino fino (Dominik y Swan, 2016), sin embargo inferiores cuando la población de Merino fue seleccionada por reproducción (Ransom et al., 2015), siendo concordante con la información de peso vivo y condición corporal. En Dohne, los resultados de esta población joven son casi idénticos a los reportados en Australia en el trabajo de Ransom, a pesar de ser 10 kg más livianos y con menor condición corporal. Las razas Merino y Dohne de Uruguay han sido genéticamente seleccionada para incrementar el peso vivo, lo que podría explicar los buenos resultados reproductivos en Uruguay. Finalmente, el Corriedale de este estudio, fue muy similar en fertilidad, pero con una clara superioridad a los reportes previos de Kremer et al. (2010) y De Barbieri et al. (2021) de 113% y 94-98% para prolificidad y parición. Cabe recordar

que esta majada ha sido seleccionada como primer criterio por la DEP para partos múltiples. En todos los casos, la supervivencia de corderos de este trabajo es muy alta, y superior a reportes de 16,4% (Fernández Abella et al., 2017).

4.2. Comparación de grupos contrastantes de CRA

Entre los grupos de alta y baja eficiencia, durante la prueba de eficiencia de conversión (Cuadro 4) se registraron diferencias entre 14 y 22 % de consumo de MS a similares desempeños en ganancia de peso vivo entre grupos, consistentemente en las tres razas evaluadas. Esto es acorde con otros estudios (Lima Montelli et al., 2019; Redden et al., 2011; Tulux Rocha et al., 2018). Incluso se han encontrado diferencias de consumo de hasta 30% entre grupos de eficiencia alimentados con dietas de terminación (Gurgeira et al., 2022). Se ha establecido la existencia de un alta, positiva y favorable correlación fenotípica (0,54 - 0,62) y genética (0,41 - 0,78) entre CRA y consumo del alimento (Cammack et al., 2005; Johnson et al., 2022; Tortereau et al., 2020). Una menor ingesta de alimento se ha mencionado como una de las explicaciones para una mayor eficiencia alimenticia, junto con diferencias en la producción de calor, el recambio de proteínas, la función mitocondrial y los requerimientos de energía de mantenimiento (Hendricks et al., 2014; Cantalapiedra-Hijar et al., 2018).

La producción y calidad de lana al año de vida no fueron diferentes entre animales de diferente CRA. Redden et al. (2011) no encontraron diferencias en diámetro de la fibra entre grupos de eficiencia. Incluso, en otro experimento, el peso de vellón entre grupos fue igual (Redden et al., 2013). Cokrum et al. (2013) encontraron que no hay una correlación fenotípica del peso de vellón, largo de mecha y diámetro de la fibra con el CRA en animales Rambouillet y Rambouillet × Targhee. Paralelamente, y consistente con nuestros datos, estos trabajos previos no reportan que hubiera una correlación o efecto del CRA con el área de ojo de bife, espesor de grasa o condición corporal de los animales. A pesar de que en bovinos, se ha

indicado la conveniencia de incluir variables de composición del animal en la evaluación de CRA, en base a una asociación desfavorable entre CRA y grasa subcutánea (Herd et al., 2018), los resultados en ovinos indican que no se detectan diferencias entre grupos, que el error de medición puede ser muy grande, y que el dato de espesor de grasa en un punto, no necesariamente es el indicador más adecuado del nivel de tejido adiposo en todo el animal (Cockrum et al., 2013). De hecho, Johnson et al. (2022), estudiando con tomografía computada la composición de los animales, reportan que los animales menos eficientes y que comen más, fenotípicamente depositan más grasa subcutánea. Sin embargo, las variables que se midieron vinculadas al tejido adiposo (intramuscular, subcutáneo, visceral) presentaron una correlación genética negativa (favorable) con el CRA.

Una fuerte presión de selección por características productivas, en conjunto con una selección por eficiencia de conversión del alimento, podría tener consecuencias desfavorables en variables como las reservas energéticas, la salud, la reproducción o calidad de producto (Huber, 2017; Rauw, 2012). A pesar de ello, en ovinos no se ha registrado un antagonismo entre la eficiencia de conversión y la resistencia a parásitos gastrointestinales. Y este aspecto ha sido estudiado en diferentes poblaciones y con diferentes enfoques (Douhard et al., 2022; Ferreira et al., 2021). Los resultados de este estudio son consistentes en ese aspecto, y en base al número de años, animales y razas, se puede concluir que producir con animales más eficientes no necesariamente, se traduce en animales con una menor resistencia a parásitos gastrointestinales.

La selección de animales por eficiencia de conversión ha sido indicada como una estrategia indirecta de disminuir la emisión de metano (Hegarty et al., 2007). En este estudio, no se registró un efecto consistente del grupo de CRA con la emisión diaria de metano o en relación a la ganancia de peso vivo. Sin embargo, la emisión en relación con el forraje consumido fue mayor en los animales más eficientes. Este suceso ha sido explicado, porque un menor consumo se asocia a una menor tasa de pasaje, y a un mayor

tiempo de retención ruminal permitiendo una mayor degradación de las fracciones menos degradables por unidad de alimento, y por lo tanto, una mayor emisión de metano por kg de MS (De Barbieri et al., 2015; Johnson y Johnson, 1995). La ausencia de correlación fenotípica consistente entre la emisión de metano y el CRA ha sido previamente reportada (Johnson et al., 2022; Muir et al., 2020), de la misma forma que una correlación genética positiva y favorable se ha documentado, sosteniendo la posibilidad de la selección por CRA puede ser utilizada como estrategia de mitigación de las emisiones de metano (Johnson et al., 2022; Paganoni et al., 2017).

Si bien no fue totalmente consistente en las tres razas, algunas diferencias entre animales más o menos eficientes en el comportamiento ingestivo se pueden observar. Animales más eficientes visitaron el comedero menos veces, y en general las visitas duraban más tiempo y el consumo por visita fue mayor, aunque el consumo diario total fue inferior. Esto es coincidente Marie-Etancelin et al. (2019), quienes indican que una selección por animales eficientes justamente alteraría el comportamiento ingestivo, con menos instancias de consumo, aunque más largas y con mayor consumo. Sin embargo, en el estudio de Johnson et al. (2022) las correlaciones genéticas entre las variables de comportamiento y CRA no fueron diferente de cero.

Escapa al objetivo de este estudio, profundizar o revisar las bases fisiológicas que explican las diferencias de CRA entre animales. Cantalapiedra-Hijar et al. (2018) en su revisión sobre cómo explicar la variación individual en CRA, concluyen que los animales más eficientes, si bien consumen menos, no es la explicación de su eficiencia. En cambio, una menor producción de calor y menor tasa metabólica, explicadas por un menor recambio proteico y mayor eficiencia en la producción de ATP en la mitocondria, podrían estar vinculadas las bases biológicas de la variación en CRA. Estos autores postulan que el metabolismo de los lípidos y la respuesta inmune y al estrés, son otros factores que podrían estar relacionados. En contrapartida, si bien el consumo y digestibilidad del alimento, así como la emisión de

metano y la composición del cuerpo (tejido adiposo, tejido muscular), se han mencionado como posibles explicaciones (Hendriks et al., 2014), Cantalapiedra-Hijar et al. (2018) no consideran que sean las determinantes biológicas del CRA. En particular, ambas revisiones, incluyen la producción de calor, el recambio proteico (sobre todo el catabolismo proteico), la función mitocondrial y los requerimientos energéticos para mantenimiento. Una tercera revisión sobre las bases del CRA fue realizada por Kenny et al. (2018). Dentro de las posibles causas biológicas, adicionales a las ya mencionadas se incluye la actividad, donde los animales más eficientes destinan menos tiempo a la alimentación, mientras que en comportamiento ingestivo, los reportes son variados.

En ganado de carne, se ha detectado que la mortalidad de los terneros podría ser menor en las vacas más eficientes (Kenny et al., 2018). Adicionalmente, al estudiar la fertilidad o destete, o no se han encontrado diferencias en grupos de vacas en pastoreo, o en algunos casos son a favor de los animales menos eficientes. Dentro de la información que poseemos, no hemos encontrado estudios en ovejas contrastantes para CRA y su asociación con la fertilidad, parición o mortalidad de corderos. Las ovejas de este estudio, si bien fueron manejadas considerando la oferta de forraje, la carga fetal en la gestación y lactación (múltiples accedieron a mejores pasturas), y fueron suplementadas en momentos estratégicos (pre encarnera y parto), la mayor parte de su vida se alimentan de pasturas nativas. De acuerdo a la gran variación en producción y la calidad de forraje (PC 6-15%, digestibilidad de la materia seca 50-61%, energía metabolizable 1.8-2.2 Mcal/kgMS) (Berretta y Bemhaja, 1998; Berretta et al., 2000) y considerando la condición corporal en torno a 3 que tienen los animales a lo largo del ciclo, se infiere que hay una restricción del consumo (Freer et al., 2007). En situaciones restrictivas de alimentación, el consumo en animales catalogados como más eficientes es igual (Redden et al., 2013) al de los menos eficientes, con la salvedad que el desempeño de los primeros es mejor. Esto podría explicar el similar desempeño entre grupos de CRA, sin demostrar

un antagonismo entre la selección por CRA y resultado productivo de la oveja en su vida posterior. También se ha establecido una alta correlación entre consumo del animal en diferentes etapas de la vida (Paganoni et al., 2017), por lo que se espera que en los más eficientes que tienen un consumo menor posiblemente la restricción sea menor que la que sucede en los menos eficientes, al comer pasturas nativas. Por último, debemos tener en cuenta, que una mejora del ambiente (suplementación, pasturas sembradas) puede enmascarar una carencia en resiliencia (Huber, 2017), por lo que, si los animales más eficientes tuviesen una menor resiliencia, puede ser que el paquete tecnológico, no permita que se manifieste.

Un resultado muy interesante es la producción de lana diferente, a favor de los animales menos eficientes. En etapas iniciales de este estudio, se hipotetizó que los animales menos eficientes, podrían tener una producción de lana superior. Y en base a los mayores requerimientos de la producción de lana versus la deposición de otros tejidos, eso estuviese asociado a mayores requerimientos y consumo de alimento. Sin embargo, esto no se observó fenotípica ni genéticamente en borregos de un año (Marques et al., 2022), los cuales estaban en pleno crecimiento y tenían acceso a una nutrición mejorada. Por lo tanto, el aumento en la producción de lana solo se manifestó en los animales adultos, no en los borregos de un año. Esto sugiere que los animales adultos podrían expresar variabilidad en la producción de lana debido a la eficiencia alimenticia solo después de alcanzar un estado estable de metabolismo y crecimiento, lo que no era evidente en los borregos en crecimiento activo, con altas demandas nutricionales y mejor alimentación.

Es interesante que se han reportado correlaciones desfavorables de la producción de lana con la reproducción (Ramos et al., 2023) y se ha indicado que los efectos desfavorables de una producción de lana incrementada son más pronunciados en situaciones de alimentación restrictivas (Masters y Ferguson, 2019). Es muy importante, continuar la evaluación de animales adultos más o menos eficientes en la producción de

lana y reproducción en un ambiente nutricional con restricciones. En Uruguay, se ha seleccionado por producción de lana por muchas generaciones (ver tendencias genéticas de las razas laneras o doble propósito, www.geneticaovina.com). Hoy en día se conoce que posee una correlación desfavorable baja con aspectos de la reproducción, y es importante conocer, posibles antagonismos con la eficiencia de conversión evaluada al primer año de vida y el resultado económico de estas relaciones.

5. CONSIDERACIONES FINALES

El estudio evaluó la eficiencia de conversión y las características productivas en las razas Merino, Corriedale y Dohne. La hipótesis de que los animales más eficientes mantendrían igual peso y ganancia de peso consumiendo menos alimento se confirmó, así como la de que la producción de lana al año y resistencia a parásitos gastrointestinales no se vería afectada. No obstante, se rechazó la suposición de que el engrasamiento sería menor en los animales más eficientes.

El consumo de alimento en el estudio se encontró en los rangos reportados, con diferencias atribuibles a raza, edad y tipo de dieta. La emisión de metano fue comparable a la literatura existente. Aunque no se observó una correlación directa entre la eficiencia de conversión y la emisión de metano, los animales más eficientes emitieron más metano por unidad de alimento. El comportamiento ingestivo mostró que los animales más eficientes visitaban menos veces el comedero, pero con mayor duración y consumo por visita. No se encontraron antagonismos significativos entre eficiencia de conversión y resistencia a parásitos, salud o reproducción.

En conclusión, los animales más eficientes demostraron un desempeño adecuado en las condiciones evaluadas, sin comprometer la producción de peso y lana, la reproducción o la salud.

6. RECONOCIMIENTOS

Este estudio fue financiado por proyectos nacionales (CRILU: financiado por el sector

público-privado, Rumiar y CL40 financiados por INIA), e internacionales (Smarter: financiado por H2020, n°772787; Grasstogas: ERA-NET SusAn, ERA-NET FACCE ERA-GAS y ERA-NET ICT-AGRI 2).

Se agradece la dedicación, compromiso y trabajo de los funcionarios de INIA Tacuarembó e INIA Las Brujas, así como del gran número de estudiantes que realizaron sus trabajos de grado (UTU y UdelaR) o posgrado (UdelaR), o sus pasantías internacionales (Brasil, Colombia, Francia, México).

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. 1990.** International (formerly the Association of Official Analytical Chemists). Official Methods of Analysis. Arlington, VA: AOAC International, 1990.
- AOAC. 1995.** International (formerly the Association of Official Analytical Chemists). Official Methods of Analysis. Arlington, VA: AOAC International, 1995.
- AOAC. 2012.** Official Methods of Analysis, 19th edn. Association of Official Analytical Chemists, USA.
- Archer, J.A., Richardson, E.C., Herd, R.M., Arthur, P.F. (1999).** Potential for selection to improve efficiency of feed use in beef cattle: a review. *Australian Journal of Agricultural Research* 50, 147–161.
- Arthur, P.F., Pryce, J.E., Herd, R.M. (2014).** Lessons Learnt from 25 Years of Feed Efficiency Research in Australia. In *Proceedings of the 10th world congress of genetics applied to livestock production*, 18-22.
- Berretta, E.J., Bemhaja, M. (1998).** Producción estacional de comunidades naturales sobre suelos de Basalto en la Unidad Queguay Chico. *INIA Serie Técnica* 102, 11-20.
- Berretta, E.J., Risso, D., Montossi, F., Pigurina, G. (2000).** Campos in Uruguay. In: *Grassland ecophysiology and grazing ecology*, ed G. Lemaire, J. Hodgson, A. de Moraes, C. Nabinger, P.C. Carvalho (CABI Publishing, Oxon, UK), 377-394.
- Cammack, K.M., Leymaster, K., Jenkins, T.G., Nielsen, M.K. (2005).** Estimates of genetic parameters for feed intake, feeding behavior, and daily gain in composite ram lambs. *Journal of Animal Science* 83, 777–785.

- Cantalapiedra-Hijar, G., Abo-Ismael, M., Carsens, G.E., Guan, L.L., Hegarty, R., Kenny, D.A., McGee, M., Plastow, G., Relling, A., Ortigues-Marty, I. (2018).** Review: Biological determinants of between-animal variation in feed efficiency of growing beef cattle. *Animal* 12, 321-335.
- Cloete, S.W.P., Gilmour, A.R., Olivier, J.J., Van Wyk, J.B. (2003).** Age trends in economically important traits of Merino ewes subjected to 10 years of divergent selection for multiple rearing ability. *South African Journal of Animal Sciences* 33, 43-51.
- Cloete, S.W.P., Cloete, J.J.E. (2015).** Production performance of Merino and Dohne Merino ewes and lambs in pure or crossbreeding systems. *Proc. Assoc. Advmt. Anim. Breed. Genet.* 21, 217-220.
- Cockrum, R.R., Stobart, R.H., Lake, S.L., Cammack, K.M. (2013).** Phenotypic variation in residual feed intake and performance traits in rams. *Small Ruminant Research* 113, 313-322.
- Cottle, D.J., Nolan, J.V., Wiedermann, S.G. (2011).** Ruminant enteric methane mitigation: a review. *Animal Production Science* 51, 491-514.
- De Barbieri, I., Ramos, Z., Ferreira, G., Montossi, F., Ciappesoni, G. (2024).** Caracterización productiva de núcleos INIA de las razas Corriedale, Merino y Dohne. *Revista INIA* 76, 20-23.
- De Barbieri, I., Viñoles, C., Montossi, F., Lu-zardo, S., Ciappesoni, G. (2021).** Productive and reproductive consequences of crossbreeding Dohne Merino with Corriedale in Uruguayan sheep production systems. *Animal Production Science* 62, 29-39.
- De Barbieri, I., Hegarty, R.S., Li, L., Oddy, V.H. (2015).** Association of wool growth with gut metabolism and anatomy in sheep. *Livestock Science* 173, 38-47.
- Dominik, S., Swan, A.A. (2016).** Genetic and phenotypic parameters for reproduction, production and bodyweight traits in Australian fine-wool Merino sheep. *Animal Production Science* 58, 207-212.
- Douhard, F., Rupp, R., Gilbert, H. (2022).** Feed efficiency and resource allocation trade-offs: theory, evidence and prospects. In *Proceedings of 12th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production (WCGALP) Technical and species oriented innovations in animal breeding, and contribution of genetics to solving societal challenges* (Wageningen Academic Publishers), 264-267.
- Faichney, G.J. 2005.** Digesta flow. In *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*, ed. J. Dijkstra, J. Forbes, J. France (CABI Publishing, UK), 49-86.
- Fernández Abella, D., Cueto, M., Ferrugem, M. (2017).** Factors affecting lamb survival. *Revista Argentina de Producción Animal* 17, 1-16.
- Ferreira, G.F., Ciappesoni, G., Castells, D., Navajas, E.A., Giorello, D., Banchemin, G., De Barbieri, I. (2021).** Feed conversion efficiency in sheep genetically selected for resistance to gastrointestinal nematodes. *Animal Production Science* 61, 754-760.
- Freer, M., Dove, H., Nolan, J.V. (2007).** Nutrient requirements of domesticated ruminants. CSIRO Publishing. 269.
- Geesink, G.H., Zerby, H. (2010).** Meat production. In: *International Sheep and Wool Handbook*, ed. D.J. Cottle. (Nottingham University Press, UK), 395-406.
- Goering, H.K., Van Soest, P.J. (1970).** Forage fiber analysis (apparatus, reagent procedures and some applications). ARS U.S. Dept. Agr Handbook N°. 379, Superintendent of Documents, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. 20402.
- Gurgeira, D.N., Crisóstomo, C., Sartori, L.V.C., de Paz, C.C.P., Delmilho, G., Chay-Canul, A.J., Bedoya, H.J.N., Vega, W.H.O., Bueno, M.S., da Costa, R.L.D. (2022).** Characteristics of growth, carcass and meat quality of sheep with different feed efficiency phenotypes. *Meat Science*, 194, 108959.
- Hegarty, R.S., Goopy, J.P., Herd, R.M., McCorkell, B. (2007).** Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production. *Journal of Animal Science* 85, 1479-1486.
- Hendriks, J., Scholtz, M., Naser, F. (2014).** Possible reasons for differences in residual feed intake: An overview. *South African Journal of Animal Science* 43, 107-110.
- Henry, B.K., Eckard, R.J., Beauchemin, K.A. (2018).** Review: Adaptation of ruminant livestock production systems to climate changes. *Animal* 12: 445-456.

- Herd, R.M., Arthur, P.F., Bottema, C.D.K., Egarr, A.R., Geesink, G.H., Lines, D.S., Piper, S., Siddell, J.P., Thompson, J.M., Pitchford, W.S. (2018).** Genetic divergence in residual feed intake affects growth, feed efficiency, carcass and meat quality characteristics of Angus steers in a large commercial feedlot. *Animal Production Science* 58, 164–174.
- Huber, K. (2017).** Invited review: resource allocation mismatch as pathway to disproportionate growth in farm animals – prerequisite for a disturbed health. *Animal* 12, 528–536.
- Johnson, P.L., Hickey, S., Knowler, K., Wing, J., Bryson, B., Hall, M., Jonker, A., Janssen, P.H., Dodds, K.G., McEwan, J.C., Rowe, S.J. (2022).** Genetic parameters for residual feed intake, methane emissions, and body composition in New Zealand maternal sheep. *Frontiers in Genetics*, 13, 911639.
- Johnson, K.A., Johnson, D.E. (1995).** Methane Emissions from Cattle. *Journal of Animal Science* 73, 2483–2492.
- Kenny, D.A., Fitzsimons, C., Waters, S.M., McGee, M. (2018).** Invited review: Improving feed efficiency of beef cattle - The current state of the art and future challenges. *Animal* 12, 1815–1826.
- Kenyon, P.R., Maloney, S.K., Blache, D. (2014).** Review of sheep body condition score in relation to production characteristics. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 57, 38–64.
- Kremer, R., Barbato, G., Rista, L., Rosés, L., Perdígón, F. (2010).** Reproduction rate, milk and wool production of Corriedale and East Friesian Corriedale F1 ewes grazing on natural pastures. *Small Ruminant Research* 90, 27–33.
- Li, L., Brown, D.J., Gill, J.S. (2013).** Genetic parameters for body weight, carcass and wool traits in Dohne Merino. *Proc. Assoc. Advmt. Anim. Breed. Genet.* 20, 241–244.
- Lima Montelli, N.L.L., Almeida, A.K. de, Ribeiro, C.R.deF., Grobe, M.D., Abrantes, M.A.F., Lemos, G.S., Furusho Garcia, I.F., Pereira, I.G. (2019).** Performance, feeding behavior and digestibility of nutrients in lambs with divergent efficiency traits. *Small Ruminant Research* 180, 50–56.
- Lima, H.B., Costa, R.G., Dias-Silva, T.P., da Cruz, G.R.B., de Carvalho, F.F.R., Guerra, R.R., Ribeiro, N.L., de Araújo Filho, J.T., Teixeira, A.J.C. (2022).** Performance and ruminal and intestinal morphometry of Santa Inês sheep submitted to feed restriction and refeeding. *Tropical Animal Health and Production* 54, 1–9.
- Lines, D.S., Pitchford, W.S., Bottema, C.D.K., Herd, R.M., Oddy, V.H. (2014).** Selection for residual feed intake affects appetite and body composition rather than energetic efficiency. *Animal Production Science* 58, 175–184.
- Marie-Etancelin, C., Francois, D., Weisbecker, J.L., Marcon, D., Moreno-Romieux, C., Bouvier, F., Tortereau, F. (2019).** Detailed genetic analysis of feeding behaviour in Romane lambs and links with residual feed intake. *Animal Breeding and Genetics* 136, 174–182.
- Masters, D.G., Ferguson, M. (2019).** A review of the physiological changes associated with genetic improvement in clean fleece production. *Small Ruminant Research* 170, 62–73.
- Meat and Livestock Australia, Australian Wool Innovation. 2008.** Making more from sheep. Web accessed 18/06/2024. www.makingmorefromsheep.com.au/wean-more-lambs
- Muir, S.K., Linden, N., Kennedy, A., Knight, M.I., Paganoni, B., Kearney, G., Thompson, A.N., Behrendt, R. (2020).** Correlations between feed intake, residual feed intake and methane emissions in Maternal Composite ewes at post weaning, hogget and adult ages. *Small Ruminant Research*, 192, 106241.
- Navajas, E.A., Ravagnolo, O., De Barbieri, I., Pravia, M.I., Aguilar, I., Lema, M.O., Vera, B., Peraza, P., Marques, C., Velazco, J., Ciappesoni, G. (2022).** Genetic selection of feed efficiency and methane emissions in sheep and cattle in Uruguay: progress and limitations. In: 12th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production (WCGALP) Technical and species oriented innovations in animal breeding, and contribution of genetics to solving societal challenges, ed R.F. Veerkamp, Y. de Haas (The Netherlands. Wageningen Academic Publishers), 164–167.
- Nkrumah, J.D., Okine, E.K., Mathison, G.W., Schmid, K., Li, C., Basarab, J.A., Price, M.A., Wang, Z., Moore, S.S. (2006).** Relationships of feedlot feed efficiency,

- performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. *Journal of Animal Science* 84, 145–153.
- Oddy, V.H., Sainz, R.D. (2002).** Nutrition for sheep-meat production. In: *Sheep nutrition*, ed.M. Freer, H. Dove (Cabi publishing, CSIRO), 237-262.
- Paganoni, B., Rose, G., Macleay, C., Jones, C., Brown, D.J., Kearney, G., Ferguson, M., Thompson, A.N. (2017).** More feed efficient sheep produce less methane and carbon dioxide when eating high-quality pellets. *Journal of Animal Science* 95, 3839–3850.
- Ramos, Z., Blair, H., De Barbieri, I., Ciappesoni, G., Montossi, F., Kenyon, P.R. (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.R. (2021b).** Productivity and reproductive performance of mixed-age ewes across 20 years of selection for ultrafine wool in Uruguay. *Agriculture* 11, 712.
- Ramos, Z., Garrick, D.J., Blair, H.T., De Barbieri, I., Ciappesoni, G., Montossi, F., Kenyon, P.R. (2023).** Genetic and phenotypic relationships between ewe reproductive performance and wool and growth traits in Uruguayan Ultrafine Merino sheep. *Journal of Animal Science* 101, skad071.
- Ransom, K., Brien, F., Pitchford, W. (2015).** A commercial comparison of ewe breeds for reproduction, wool and lamb growth. *Proceedings of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics* 21, 286–289.
- Rauw, W.M. (2012).** Feed Efficiency and Animal Robustness. In: *Feed Efficiency in the Beef Industry*, ed. R. Hill (John Wiley & Sons), 105-122.
- Redden, R.R., Surber, L.M.M., Grove, V., Kott, R.W. (2013).** Growth efficiency of ewe lambs classified into residual feed intake groups and pen fed a restricted amount of feed. *Small Ruminant Research* 114, 214–219.
- Redden, R.R., Surber, L.M.M., Roeder, B.L., Nichols, B.M., Paterson, J.A., Kott, R.W. (2011).** Residual feed efficiency established in a post-weaning growth test may not result in more efficient ewes on the range. *Small Ruminant Research* 96, 155–159.
- Tortereau, F., Marie-Etancelin, C., Weisbecker, J., Marcon, D., Bouvier, F., Moreno-Romieux, C., François, D. (2020).** Genetic parameters for feed efficiency in Romane rams and responses to single-generation selection. *Animal* 14, 681-687.
- Tulux Rocha, R.F.A., Lopes Souza, A.R.D., Da Graça Morais, M., Yoshihara Carneiro, M.M., Fernandes, H.J., Dias Feijó, G.L., De Menezes, B.B., Walker, C.C. (2018).** Performance, carcass traits, and non-carcass components of feedlot finished lambs from different residual feed intake classes. *Semina: Ciências Agrárias* 39, 2645–2658.
- Van Wyk, J.B., Swanepoel, J.W., Cloete, S.W.P., Olivier, J.J., Delport, G.J. (2008).** Across flock genetic parameter estimation for yearling body weight and fleece traits in the South African Dohne Merino population. *South African Journal of Animal Sciences* 38, 31–37.
- Waghorn, G.C., Hegarty, R.S. (2011).** Lowering ruminant methane emissions through improved feed conversion efficiency. *Animal Feed Science and Technology* 166, 291–301.
- Wuliji, T., Dodds, K.G., Land, J.T.J., Andrews, R.N., Turner, P.R. (1999).** Response to selection for ultrafine Merino sheep in New Zealand. *Livestock Production Science* 58, 33–44.
- Yemm, E.W., Willis, A.J. (1954).** The estimation of carbohydrates in plant extract by anthrone. *Biochemical Journal* 57, 508.
- Zereu, G.H. (2016).** Factors Affecting Feed Intake and Its Regulation Mechanisms in Ruminants -A Review. *International Journal of Livestock Research* 64, 19-40.