



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

Evaluación y uso de razas ovinas recientemente introducidas al Uruguay

Washington BELL CARABALLO

Doctor en Ciencias Agrarias

Marzo 2024



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

Evaluación y uso de razas ovinas recientemente introducidas al Uruguay

Washington BELL CARABALLO

Doctor en Ciencias Agrarias

Marzo 2024

Tesis aprobada por el tribunal integrado por el Ing. Zoot. (Dr.) Juan Mauricio Álvarez, la Ing. Agr. (Ph. D.) Ana Guillenea y el Ing. Agr. (Ph. D.) Ignacio de Barbieri el 21 de mayo de 2024. Autor: Ing. Agr. (Mag.) Washington Bell Caraballo. Director: Ing. Agr. (Ph. D.) Raúl W. Ponzoni.

Agradecimientos

Quiero expresar mi agradecimiento a todos aquellos que contribuyeron de alguna manera a la realización de este trabajo:

A mi tutor y amigo Raúl Ponzoni, por su constante apoyo y dedicación a lo largo de la elaboración de esta tesis. Sus comentarios y sugerencias fueron fundamentales para mejorar y pulir cada aspecto de este trabajo. Estoy profundamente agradecido por haberte tenido como tutor.

A mi compañera y extraordinaria mamá Ana Laura, y muy especialmente a Emilia y Lucía, cuya llegada durante el doctorado llenó mi vida de sentido y felicidad. La maravillosa experiencia de ser papá ha sido una fuente constante de inspiración y motivación. Su presencia ha iluminado cada día de este viaje, recordándome constantemente la importancia de la familia y el equilibrio entre la vida personal y profesional.

A la Agencia Nacional de Investigación e Innovación y la Comisión Académica de Posgrado de la Udelar, por las becas que hicieron posible mi doctorado.

A quienes trabajaron día a día manejando los animales experimentales y colectando registros: Dana Montedónico, Ignacio Sosa, Nicolás Zunino y Pablo Suna. A quienes desde sus distintos lugares colaboraron con la formulación o ejecución de los experimentos que dieron soporte a esta tesis: Gabriel Ciappesoni, Andrés Ganzábal, Liliana del Pino, Santiago Cayota, Martín Garicoïts, Daniel Castells, Ignacio Abella, Pedro Scremini, Lucía Goldaraz, Catherine Sochara, Rosanna della Mea, Juan José Lucas, Marcelo Grattarola, Pablo Cracco, José Pedro Dieste, Ruben Jacques, Guillermo Galván, Fernando Pereira, Carlos Mantero, Laura Astigarraga y Xenia Vieira. A las sociedades de criadores de Corriedale y Merino Dohne, y a los establecimientos donadores de ovejas y carneros: Frileck SA, Tres Árboles, La Pastoral, La Esperanza, La Empastada, Berachí y El Coraje. A Roberto Cardellino y Juan Paperán, por contribuir con información y por sus aportes a la discusión de los problemas tratados aquí. A Anthony Burton por evacuar cada duda en temas ovinos cuando iniciamos este trabajo. A Hugo Naya, por su apoyo y confianza.

Tabla de contenido

	Página
Página de aprobación	III
Agradecimientos	IV
Resumen	VII
Summary	VIII
1. Introducción	1
1.1. Fundamentación general	1
1.2. Revisión bibliográfica	4
1.2.1. <u>Vías para conseguir mejora genética</u>	4
1.2.2. <u>La producción ovina en el Uruguay</u>	6
1.2.3. <u>Recursos genéticos disponibles en Uruguay</u>	8
1.3. Consideraciones en la comparación de razas y genotipos (especialmente a propósito de los experimentos conducidos en el CRS y la EEER)	12
1.3.1 <u>Bases estadísticas de la determinación del número de animales</u>	13
1.3.1.1. Teoría	13
1.3.1.2. Cálculo del número necesario en la práctica	16
1.3.1.3. Exploración inicial	16
1.3.1.4. Refinando el cálculo del número necesario de animales	23
1.3.1.5. ¿Es alcanzable el número sugerido por la teoría? Probables razones por las que no lo es	25
1.3.1.6. ¿Es apropiado realizar evaluación de genotipos o razas con números inferiores a los que sugiere la teoría?	26
1.3.1.7. El caso de los experimentos que proporcionan los datos analizados en esta tesis	26
1.3.2 <u>Consideraciones económicas</u>	27
1.4. Hipótesis de trabajo	30
1.5. Objetivos	30
1.5.1. <u>General</u>	30
1.5.2. <u>Específicos</u>	31

2. <u>Production and economic evaluation of the Corriedale, Highlander and Milchschaaf sheep breeds in Southern Uruguay</u>	32
3. <u>Production and economic evaluation of the Corriedale breed and crosses with Dohne Merino generated during the establishment of a rotational crossbreeding scheme: ewe hogget results</u>	45
4. <u>Discusión general</u>	59
4.1. Lógica detrás del trabajo experimental en el CRS y la EEER.....	59
4.2. El trabajo experimental que generó los resultados reportados.....	61
4.2.1. <u>CRS</u>	61
4.2.2 <u>EEER</u>	62
4.3 Evaluación económica de los experimentos en el CRS y la EEER.....	64
4.3.1 <u>CRS</u>	64
4.3.2 <u>EEER</u>	66
4.4 Recomendaciones.....	68
5. <u>Bibliografía</u>	74
6. <u>Anexos</u>	88

Resumen

El número de ovinos en Uruguay ha disminuido sostenidamente en los últimos 30 años. En el norte y el noreste existen sistemas extensivos productores de lana fina y de doble propósito respectivamente, donde tanto la lana como la carne impactan en los ingresos. En el sur han prosperado sistemas familiares de producción de carne ovina en pequeña escala. En esta tesis presento trabajos realizados en sistemas de producción de las regiones sur (1) y noreste (2). Corriedale (C) es la raza mayoritaria en el país. Milchscharf (M) se ha difundido en el sur, pero C predomina en el noreste. Hay escasez de evaluaciones rigurosas de estas razas o alternativas que podrían ser más rentables, como Highlander (H) para el sur y Merino Dohne (MD) para el noreste. En los experimentos evalué: en 1), la producción de lana, la reproducción y el crecimiento en C, H y M, y en 2), la calidad de la lana y rasgos corporales en borregas del cruzamiento rotacional entre C y MD. En 1), la producción de lana fue mejor en C, pero H y M superaron a C en peso vivo y desempeño reproductivo. En 2), los genotipos con mayor proporción de MD produjeron menor peso de vellón y los de mayor proporción de C fibras de mayor diámetro, sin diferencias en calidad de lana ni en rasgos morfológicos relacionados a la aptitud carnicera. Los márgenes brutos (MB) integran el rendimiento físico con valores y costos de la producción, permitiendo la comparación monetaria entre genotipos. Calculé los MB para varios escenarios de producción y mercado. En 1), la mayoría de las veces, el MB fue mayor para H, seguido de M. Las diferencias a favor de H y M sobre C disminuyeron cuando consideré mayores requerimientos de alimento para H y M. El MB de H y M aumentó al suponer que no tenían lana (el costo de cosecha supera el valor de la lana producida). En 2), consideré precios bajos y altos para lana de diferente diámetro de fibra. El MB fue mayor para $\frac{3}{4}$ MD y $\frac{5}{8}$ MD a precios bajos, y para $\frac{3}{4}$ MD y $\frac{1}{2}$ MD a precios altos. C tuvo el menor MB en todos los escenarios. Recomendando H para los sistemas del sur e investigar sobre las razas ovinas de pelo. En los sistemas extensivos de doble propósito, el cruzamiento rotacional entre C y MD permite mejorar los ingresos por lana sin perder potencial carnicero. Formulo recomendaciones sobre futuras evaluaciones de genotipos, integrándolas con las actuales evaluaciones genéticas dentro de raza.

Palabras clave: razas y cruzamientos, desempeño reproductivo, producción de lana y carne, producción en pequeña escala, evaluación económica

Evaluation and use of recently introduced sheep breeds to Uruguay

Summary

Sheep numbers in Uruguay have declined over the last 30 years. In the north and northeast there are extensive wool and dual-purpose systems, respectively, where both wool and meat impact on income. In the south, small-scale family sheep meat production systems have flourished. In this thesis I report work pertaining to production systems in the south (1) and northeast (2) regions. Corriedale (C) is the predominant breed in the country. Milchscharf (M) has been disseminated in the south but C still prevails in the northeast. There is a paucity of rigorous evaluations of these breeds or alternatives that could be more profitable, such as Highlander (H) for the south and Dohne Merino (DM) for the northeast. I experimentally assessed: in 1), wool production, reproduction and growth in C, H and M, and in 2), wool quality and body traits in ewe hoggets from rotational crossbreeding between C and DM. In 1), wool production was better in C, but H and M outperformed C in live weight and reproductive performance. In 2), genotypes with greater proportions of DM produced lower fleece weight, and those with greater proportions of C produced coarser fibre diameter, with no differences in wool quality or morphological traits related to meat aptitude. Gross margins (GM) integrate physical performance with product values and costs, enabling a monetary comparison between genotypes. I calculated GMs for a number of production and market scenarios. In 1), most often GM was greatest for H, followed by M. The differences in favor of H and M over C decreased when I considered higher feed requirements for H and M. The GM of H and M increased by assuming they were wool-less (the cost of harvesting exceeds the value of the wool produced). In 2), I considered low and high prices for wool of different fibre diameter. GM was greatest for $\frac{3}{4}$ DM and $\frac{5}{8}$ DM at low prices, and for $\frac{3}{4}$ DM and $\frac{1}{2}$ DM at high prices. C had the lowest GM in all scenarios. I recommend H for southern systems and research on hair sheep breeds. In extensive dual-purpose systems, rotational crossbreeding between C and DM improved wool income without losing meat potential. I formulate recommendations about future genotype evaluations, integrating them with current within breed genetic evaluations.

Keywords: breeds and crossbreed, reproductive performance, wool and meat production, small-scale production systems, economic evaluation

1. Introducción

1.1. Fundamentación general

En Uruguay se pueden identificar distintos sistemas de producción ovina, localizados en determinadas zonas y con diferentes posibilidades agroecológicas de mejoras en el ambiente (Bianchi y Fierro, 2014). Abarcan desde los sistemas más extensivos donde el producto principal es la lana fina, hasta los sistemas con un énfasis más carnívoros, en los que tienen cabida razas especializadas en esa producción y en los que la mejora ambiental es parte crucial del sistema. El grueso de la producción ovina en el país se concentra en las regiones de basamento cristalino y de basalto, en sistemas de producción en que bovinos y ovinos pastorean conjuntamente. En estos sistemas las áreas mejoradas son una fracción pequeña del total y, en la mayoría de los casos, son utilizadas por los bovinos. Excepción hecha de una minoría de casos, la eficiencia reproductiva de las majadas está por debajo del potencial, aun en las razas laneras.

El avance de la agricultura cerealera, la forestación y la lechería, así como el crecimiento y la intensificación de la ganadería vacuna, han determinado importantes modificaciones en la distribución y en las condiciones de producción de los ovinos (Ganzábal, 2014). Los valores de la carne ovina y la fácil adaptación del rubro a la producción familiar han llevado a una importante expansión de la actividad en regiones con poca tradición ovejera. Desde hace algunos años la producción ovina en pequeña escala se ha instalado en la región sur del país, donde ha constituido una opción económica complementaria exitosa para los productores familiares.

En estos escenarios, la intensificación del sistema producción debe ser acompañada de la utilización de razas y cruces capaces de aprovechar la disponibilidad creciente de pasturas mejoradas y de suplementos estratégicamente suministrados. Sumado a insumos de carácter físico, un manejo de precisión (Richards, 2014) puede resultar en importantes incrementos productivos. Dado que en dichos sistemas la venta de corderos constituye el principal ingreso, estas estrategias deben propender a

maximizar los kilogramos de corderos terminados por oveja encarnerada. Las hembras deben ser de elevada prolificidad, habilidad materna y producción de leche. La precocidad sexual también es de interés, puesto que en circunstancias favorables puede convenir que todas las categorías de hembras presentes en el predio puedan destinarse a la reproducción (Wall *et al.*, 2018).

Por otra parte, en el noreste de Uruguay, tradicionalmente, han predominado ovinos doble propósito en que se ha buscado un equilibrio en producción de lana y de carne. Las razas doble propósito, que se destacan por su tasa reproductiva y velocidad de crecimiento, resultan especialmente atractivas en momentos de precios favorables para la carne ovina. La importancia relativa de esta última como contribuyente a los ingresos de los productores ha aumentado marcadamente (Carlos Salgado, comunicación personal, 15 de setiembre de 2014). Sin embargo, la lana sigue siendo un contribuyente importante al ingreso derivado de la producción ovina y los productores muestran interés en valorizar su zafra. El precio relativo de las lanas de diferente finura (Bottaro, 2013) ha llevado a algunos productores a pensar en razas que tengan atributos similares a Corriedale, pero que produzcan lana de mayor valor por kilogramo (más fina), *e. g.*, Merino Dohne.

Las razas evaluadas en la presente tesis doctoral fueron: Corriedale, Highlander, Milchscharf y Merino Dohne, brevemente descritas a continuación.

Corriedale: originaria de Nueva Zelanda, es una raza doble propósito introducida a principios del siglo pasado. En 2016 componía el 42 % de la majada nacional (Bervejillo *et al.*, 2018).

Highlander: originaria de Nueva Zelanda, fue creada en 2001 combinando las razas Finnish Landrace, Romney Marsh y Texel para formar un compuesto maternal de alta eficiencia en la producción de corderos. Tras su introducción en 2005, ha mostrado buena adaptación al medio, la que se expresa tanto en los índices de preñez de ovejas como en la señalada de corderos. A pesar de casi dos décadas de presencia en el país, es escaso el trabajo experimental con el objetivo de evaluar su

desempeño (Donnini *et al.*, 2021; Ramos *et al.*, 2021). Resulta, por lo tanto, de relevancia disponer de información comparativa sobre esta alternativa racial.

Milchschaft: introducida en 1990, es originaria de Alemania, donde fue seleccionada por su aptitud lechera por más de 500 años. La raza es capaz de manifestar su potencial productivo cuando es incorporada en pequeños predios familiares en sistemas intensivos.

Merino Dohne: es de origen Sudafricano, introducida en 2002. Definida como raza doble propósito, tiene reputación de ser buena productora de carne y de lana. Su uso en cruzamientos con majadas comerciales de razas tradicionales no ha sido cuantificado, pero se estima que ha ido en aumento, en algunos casos en un proceso de absorción de otras razas por Merino Dohne. Hasta ahora, el enfoque de la investigación involucrando esta raza ha sido visualizándola como competidora de las razas maternas tradicionales en el Uruguay, principalmente Corriedale (De Barbieri *et al.*, 2021). Un enfoque alternativo, no investigado hasta ahora, es el de considerar al Merino Dohne como raza complementaria de las razas maternas tradicionales. Sin duda Corriedale y Merino Dohne tienen una bien ganada reputación. Más aún, por ser dos razas no emparentadas, sin antecedentes de compartir ancestros por mucho tiempo, es razonable pensar que para algunas características las cruas exhiban heterosis. De ahí que sea posible pensar en un uso de estas razas en un esquema de cruzamientos que explote esa ventaja.

La mejora genética ha sido históricamente utilizada en Uruguay para cambiar y mejorar la rentabilidad de la producción animal. La incorporación de razas nuevas, la selección sobre las existentes y, en menor medida los cruzamientos, constituyen claros ejemplos. Dichas innovaciones han tenido un carácter reactivo frente a modificaciones en las preferencias de mercado, adoptando lo que se creía mejor, muchas veces con poca base científica. Hoy tenemos la oportunidad de proceder de manera proactiva, generando de antemano información que sirva para responder a una situación cambiante en lo referente a sistemas de producción y comercialización.

1.2. Revisión bibliográfica

1.2.1. Vías para conseguir mejora genética

La productividad de la producción ovina puede aumentarse mediante la mejora del ambiente en el que se crían los animales y por la mejora del recurso genético que se esté utilizando. Los programas de mejora genética pueden modificar a los animales para que se adecúen a cierto propósito o ambiente y, por tanto, resultar en aumentos de la productividad y consistencia de la producción. Pueden también ofrecer soluciones a problemas sanitarios ya existentes o emergentes y a desafíos ambientales (Ponzoni, 2017).

La mejora genética hace uso de la variación existente tanto entre razas como dentro de ellas. La mejora del recurso genético que se esté utilizando puede conseguirse a través de la selección dentro de una raza (o variedad dentro de una raza) o mediante cruzamientos entre éstas (Caballero Rúa, 2017; Falconer, 1960; Ponzoni, 2017).

La mayor parte del incremento en producción de los animales domésticos se ha conseguido mediante la selección artificial. En el último medio siglo, los bovinos de leche han duplicado su producción, mientras que los pollos parrilleros aumentaron cuatro veces su peso a los dos meses (Hill, 2014). Hay aspectos que diferencian la mejora genética por selección de otras tecnologías. Esta puede ser de carácter permanente, acumulativa y transmisible a la progenie, por lo que constituye una de las más poderosas y económicas vías de aumentar la eficiencia de la producción animal (Ponzoni, 2017).

Las diferencias genéticas entre razas constituyen una importante fuente de mejoramiento genético. La mejor utilización de esas diferencias genéticas se logrará una vez que se conozcan cuáles razas son las más productivas y cuáles son los mejores métodos de utilizarlas, ya sea a través de la expansión de las superiores, del desarrollo de nuevas razas sintéticas producto de la combinación de varias razas o de la utilización de cruzamientos sistemáticos (Dickerson, 1969).

Los cruzamientos ofrecen la oportunidad de mejorar la rentabilidad de la producción animal utilizando la heterosis y el mérito genético aditivo de diferentes razas (Sundstrom *et al.*, 1994). El diseño de cualquier programa de cruzamiento debe buscar aprovechar la heterosis y la complementariedad entre razas. Un programa de cruzamiento ideal debería optimizar, pero no necesariamente maximizar, la heterosis individual y maternal, utilizar razas que se ajusten al sistema de producción y comercialización y ser fácil de aplicar y administrar (Greiner, 2009). A diferencia de la selección, la mejora por cruzamientos no es permanente, hay que recrearla en cada generación. Las razas compuestas o sintéticas son un intento de perpetuar los beneficios de cruzar (Ponzoni, 2017).

En el sistema de cruzamiento absorbente, la raza a absorber es apareada con animales puros de la raza que absorbe durante sucesivas generaciones. El criterio para determinar cuándo se ha completado el proceso de absorción puede variar, pero, de modo general, se considera culminado cuando se logra un animal ‘puro por cruza’ que reúne las características fenotípicas de la raza absorbente. El criterio puede ser que los animales sean 7/8 o 15/16 de la raza absorbente. Este esquema no busca, en principio, explotar la heterosis, sino sustituir una raza de menor productividad por otra exótica de mejor desempeño (De la Fuente *et al.*, 2006). Se ha llevado a cabo en gran escala en la historia de la cría animal en casi todos los países del mundo, *e. g.*, en Uruguay, la sustitución de poblaciones bovinas criollas por razas británicas a fines del siglo XIX y principios del XX (Cardellino y Rovira, 1987). Los cruzamientos absorbentes pasan por una fase en la cual predominan hembras de la primera cruza. En caso que éstas exhiban ventajas por heterosis, las mismas se pierden a medida que el proceso de absorción avanza. El apareamiento en cada generación de hembras cruza con reproductores de la raza absorbente resulta en un aumento en el porcentaje de genes de esta última. De modo general, se considera puro por cruza a partir de la cuarta o quinta generación de individuos nacidos (Cardellino y Rovira, 1987).

El sistema de cruzamiento rotacional entre dos razas es relativamente simple. Dos razas se aparean y las hembras resultantes en la descendencia se mantienen como

reemplazos y se cruzan de nuevo con la raza opuesta a la de su padre (Greiner, 2009). Este sistema de cruzamiento hace buen aprovechamiento del vigor híbrido, no solo para rasgos del animal que va a faena, sino también en rasgos maternos, puesto que la majada de cría consiste en hembras cruza. Inicialmente aprovecha el 100 % del vigor híbrido potencial y, cuando el sistema se estabiliza aprovecha dos tercios de la heterosis presente en la primera cruza (Carmon *et al.*, 1956). Otra de las virtudes de este sistema es que produce sus propios reemplazos, toda la majada está involucrada en el programa de cruzamiento. Al estabilizarse, trabaja con dos tipos de ovejas y de animal de faena en lo referente a composición racial.

Las decisiones acerca de la raza a utilizar pueden derivarse de estudios de los genotipos disponibles y su adecuación a un sistema de producción dado o basarse en una preferencia no totalmente justificada desde el punto de vista científico y económico. Muchos de los trabajos publicados sobre comparaciones de razas están basados en un muestreo muy limitado de animales y, generalmente, pocos informan su mérito genético en relación con la media de la raza para cualquier rasgo que se evalúa (Fogarty, 2006). Idealmente, la elección de la raza o variedad debería basarse en experimentos bien diseñados y conducidos de comparación y cruzamientos entre razas, y de estimaciones de parámetros fenotípicos y genéticos como heterosis, heredabilidad, correlaciones entre características e interacciones genotipo por ambiente (Ponzoni, 2017).

1.2.2. La producción ovina en el Uruguay

En los últimos 35 años en Uruguay hubo una acentuada disminución de las existencias ovinas, tendencia que se ha observado también en otros países, como Australia y Nueva Zelanda. De un máximo histórico a principios de la década de 1990, la reducción ha sido de casi 75 %, al pasar de 25 a 6,3 millones de ovinos en 2020 (MGAP, 2021).

Esta disminución estuvo acompañada por un cambio en la composición de la majada nacional. Se redujo el número de capones (productores de lana) de 20 % a 8

%, mientras que aumentó el porcentaje de ovejas de cría de 43 % a 54 % en 2018. Esto demuestra un cambio de orientación, priorizando la producción de carne frente a la lana. Los establecimientos criadores del basalto (donde se concentran las mayores existencias ovinas) que son monitoreados por el Instituto Plan Agropecuario obtuvieron para 2016 una relación del producto bruto ovino de 56:44 para lana y carne, respectivamente (Molina, 2017). En cuanto a la participación en las exportaciones del sector, para el año 2019 la lana representó el 64 % y, la carne, el 36 % (Cardellino, 2019).

En Uruguay, los ovinos fueron desplazados por bovinos, agricultura y forestación, a pesar de la existencia de análisis económicos serios mostrando la mayor rentabilidad de la producción ovina respecto de la de bovinos de carne (Cardellino, 2015). El abandono del rubro muchas veces se atribuye a otras razones, tales como la falta de mano de obra especializada, los altos costos, el abigeato, los depredadores, las dificultades sanitarias, la volatilidad de los precios y la incertidumbre en la colocación de la carne ovina (Bianchi y Fierro, 2014).

El descenso de la población ovina no se vio compensado por un aumento en la productividad, como sucedió en Nueva Zelanda, donde aumentó la tasa de señalada de 101 % a 119 % (Cardellino, 2015). La señalada promedio en el país en los últimos 10 años se sitúa en torno al 72 % con una variación entre 57 % y 77 % (Salgado, 2016). Según Montossi *et al.* (2011a) el 70 % de la lana producida en Uruguay presenta limitantes para su comercialización debido a su diámetro.

Las variaciones en la composición racial de la población ovina suelen responder a cambios en la naturaleza de los sistemas de producción y en la demanda de los mercados de lana y carne ovina (Clarke, 1982). En 2001, las principales razas ovinas en Uruguay eran Corriedale (60 %), Merino Australiano (19 %) e Ideal (13 %) (MGAP, 2002). Los datos publicados por la encuesta ganadera nacional realizada en 2016 sobre una muestra de 1428 casos muestran que la majada nacional está compuesta actualmente por 42 % de Corriedale, 26 % de Merino Australiano, 9 % de

Ideal, 4 % de Merilin, 3 % de Texel, 3 % de Romney Marsh, 3 % de Merino Dohne y un 10 % de otras razas o cruzas (MGAP, 2018).

Las estrategias para recuperar el sector ovino en el país deberían centrarse en la mejora de los indicadores productivos, principalmente los reproductivos. Dentro de éstos, la prolificidad y la sobrevivencia de los corderos, no solo a través de mejoras en el ambiente donde se crían, sino también por la utilización de los recursos genéticos disponibles en el país que resulten más apropiados para cada sistema de producción. Actualmente existen tecnologías que permitirían mejorar los indicadores de la eficiencia de la producción ovina: uso de pasturas mejoradas, suplementación estratégica, manejo sanitario, mejoras en las instalaciones, cambio de raza y uso de cruzamientos (Banchero *et al.*, 2005; Bianchi, 2007; Castro y Ganzábal, 1988; Ganzábal *et al.*, 2001). Sin embargo, no todos los productores están dispuestos o cuentan con los medios para adoptarlas y las existencias ovinas siguen descendiendo anualmente a pesar de los favorables (aunque fluctuantes entre años) precios de la carne ovina. En los últimos años el mercado para las lanas medias y gruesas ha cambiado, y hoy existen productores que acumulan varias zafas en sus galpones por falta de precios favorables para lotes de dichas finuras. En este contexto, es esencial resaltar que el trabajo experimental llevado a cabo en el Centro Regional Sur (CRS) y la Estación Experimental Bernardo Rosengurtt (EEBR) ha tomado aún más relevancia: en un caso, enfocado en mejorar la producción de carne ovina, mientras que, en el otro, planteando un sistema que produzca lana comercializable.

1.2.3. Recursos genéticos disponibles en Uruguay

Las razas ovinas han sido desarrolladas para la producción especializada de uno o más productos (lana, carne, leche) y por su adaptación a ambientes específicos (Fogarty, 2006). Los cruzamientos se practican frecuentemente para hacer un uso más eficiente de los recursos genéticos y naturales, explotar heterosis y generar un producto especializado (Fogarty, 2006). Los mercados para los productos ovinos son variados y cada vez más exigentes, lo que ha estimulado cambios en la composición

genética de las majadas y en el manejo para responder a esas demandas (Fogarty, 2006). Los productores de ovinos en muchos países han importado material genético para aumentar la productividad, generar productos de mejor calidad o para dotar a sus ovinos de mayor adaptabilidad al ambiente (Fogarty, 2006).

El Uruguay cuenta con una diversidad de recursos genéticos ovinos: genotipos predominantemente laneros como Merino Australiano e Ideal; genotipos carniceros como Texel, Poll Dorset, Hampshire Down, Southdown, Suffolk, Île de France; y genotipos doble propósito como Corriedale, Merilin o Romney Marsh. Existen otros como Dorper, Border Leicester, Merino Dohne, Highlander, Finnish Landrace, Frisona Milchscharf, Corriedale Pro, Merilin Plus y Texel Pro, que son de más reciente introducción o creación y que presentan diferentes aptitudes. Sin que ello implique restar importancia a las demás, en esta sección describo solamente las razas involucradas en la presente tesis (*i. e.*, Corriedale, Highlander, Milchscharf y Merino Dohne). La siguiente caracterización general de las razas no siempre es respaldada por rigurosa evidencia experimental, sino que a veces se basa en la percepción de productores y técnicos, así como en documentos de las respectivas sociedades de criadores.

La raza Corriedale fue originada en Nueva Zelanda a partir del cruzamiento entre Merino y Lincoln, con el objetivo de generar un genotipo doble propósito capaz de dar buenos corderos y un vellón de lana larga y finura aceptable. Fue introducida en el Uruguay a principios del siglo pasado, donde mostró buena adaptación al medio y fue creciendo numéricamente hasta constituirse en la principal raza ovina del país. Se estima que representa el 42 % de la majada nacional. Su tasa reproductiva es moderada y su cordero logra alcanzar pesos vivos de 20 kg en edades de destete de 120 días. Su lana es de finura media con vellones que pueden llegar a más de 4 kg.

Highlander, también originaria de Nueva Zelanda, fue creada en 2001 como una raza sintética maternal de alta eficiencia en la producción de corderos. Fue introducida recientemente en el Uruguay (2005), Los aportes buscados de las razas

que la originaron fueron, Finnish Landrace (50 %): fertilidad, fecundidad y tamaño eficiente; Romney Marsh (25 %): estructura y conformación, rusticidad y producción de lana; y Texel (25 %): rusticidad, sobrevivencia de los corderos y muy buena aptitud carnicera. Ha mostrado buena adaptación al medio, la que se expresa tanto en los índices de preñez de ovejas como en la señalada de corderos. Las características más relevantes son prolificidad (más de 170 % y no más de 10 % a 12 % de trillizos); sobrevivencia; precocidad (las corderas diente de leche con 6 a 7 meses de edad y 40 kg de peso vivo son encarneradas y alcanzan 85 % a 90 % de señalada); alta libido y capacidad de servicio (se utiliza 1,5 % a 1,8 % de carneros); alta tasa de crecimiento de los corderos; buena conformación y aptitud carnicera; longevidad; libre de lana en la cara y libre de garreo; animal dócil, pero de temperamento vivaz, a lo que se agrega un muy alto instinto maternal, todo lo cual redundo en ventajas para el manejo de los ovinos en el campo.

La raza Milchschaaf es originaria de Frisia (Alemania) donde fue seleccionada por aptitud lechera por más de 500 años. En su país de origen se la conoce como *Ostfriesisches Milchschaaf*, en los países de habla inglesa como *East Friesian*, en España y Argentina como *Frisona*. Fue introducida al Uruguay por el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) y por productores privados de Rodó (Soriano) en el año 1990 con la intención de desarrollar la lechería ovina, alternativa que no prosperó. Por ello el material Milchschaaf comenzó a ser utilizado para la producción de carne. Actualmente se encuentra distribuida en todo el país en diversas condiciones productivas. Se caracteriza por su elevada prolificidad y habilidad materna, alta velocidad de crecimiento de sus corderos y por producir bajo nivel de engrasamiento aun en canales muy pesadas. Produce un vellón de lana blanca, de buen largo de mecha y rendimiento al lavado, y un diámetro de 32 µm en promedio. No tienen lana en la cola, por lo cual no se le corta. Tampoco tienen lana en la cabeza, las patas y la ubre, lo que hace que no sean necesarios descole y desoje, lo que baja los costos de manejo y reduce la interferencia con el bienestar de la majada. Presenta problemas de diversa índole, no cuantificados por la investigación nacional, como dificultades para el secado pos destete que ocasionan mastitis y los problemas asociados a ello, sensibilidad a la exposición

solar que deriva en úlceras en la piel y mucosas, descamaciones, heridas, miasis, tumores. Existen trabajos experimentales en los que se evaluó el comportamiento reproductivo de razas y cruza maternas involucrando la raza Milchschaaf, en cruzamiento con Ideal, Finnish Landrace, así como el crecimiento y calidad de canal de corderos cruza con razas terminales como Hampshire Down y Suffolk (Bianchi y Garibotto, 2000; Ganzábal *et al.*, 2007; Ganzábal, 2014). Estos autores reportan mejoras en el desempeño reproductivo tanto en ovejas como borregas, así como menor engrasamiento de los corderos a la faena.

Merino Dohne, de origen sudafricano, fue desarrollado a partir del cruzamiento de Merino tipo Peppin con Merino Mutton Alemán en 1939 (Cottle, 2010; McMaster, 2015). Es una de las más recientes introducciones al país (2002). Definida como raza doble propósito, tiene reputación de ser buena productora de carne y de lana. Cuenta con una sociedad de criadores en Uruguay creada en 2013. Un atractivo importante de la raza es la finura de su lana. Sus características productivas son un peso vivo de 55 kg a 65 kg, peso del vellón sucio de 3 kg a 4 kg y un diámetro de fibra de 19 μm a 22 μm . Tiene alta fertilidad y fecundidad, con una prolificidad entre 75 % y 115 %. Posee buena habilidad materna, baja mortandad de corderos por su vigor y una amplia estación de cría (Montossi *et al.*, 2011a). Su uso en cruzamientos con majadas comerciales de razas tradicionales no ha sido cuantificado, pero se estima que ha ido en aumento, en algunos casos en un proceso de absorción de otras razas por Merino Dohne. El ritmo acelerado de difusión de esta raza en el Uruguay no ha sido acompañado por programas de investigación en diferentes zonas del país, ni de usos alternativos de ésta. Existen trabajos con Merino Dohne puro y en cruzamientos, comparando Corriedale con cruza $\frac{1}{2}\text{C}_{\frac{1}{2}}\text{MD}$ y $\frac{1}{4}\text{C}_{\frac{3}{4}}\text{MD}$ en suelos de Basalto, llevados a cabo por el INIA en estaciones experimentales (Montossi *et al.*, 2007; 2011b). El Secretariado Uruguayo de la Lana (SUL) ha trabajado en establecimientos comerciales, en cruzamientos de Merino Dohne con Corriedale y con Merino Australiano (Abella y Preve, 2009; Preve y Abella, 2010). En el ámbito internacional, en Sudáfrica se ha generado abundante información acerca de Merino Dohne (Fourie y Heydenrych, 1983; McMaster, 2010; Steinhagen, 1986; van Wyk *et al.*, 2008;).

1.3. Consideraciones en la comparación de razas y genotipos (especialmente a propósito de los experimentos conducidos en el CRS y la EEER)

La necesidad de conducir evaluaciones del comportamiento de líneas, variedades, razas y genotipos en general que aparecen como opciones a los productores surgió hace ya casi un siglo. Por ejemplo, Comstock y Winters (1942), Dickerson (1942) y Bechhofer (1954) presentan detalladas reflexiones y derivaciones al respecto. Becker (1963) examinó el tema de muestreo de líneas mejoradas de aves ponedoras para conseguir una satisfactoria evaluación. McDaniel (1987) sugiere procedimientos apropiados para la evaluación de razas y variedades de bovinos lecheros. Más recientemente, ante la emergencia de variedades genéticamente mejoradas en animales acuáticos, Ponzoni *et al.* (2013) publicaron un manual con detallados lineamientos del tema y ejemplos de evaluaciones ya conducidas.

Hill (1974) considera diferencias en comportamiento, a la vez que la conveniencia desde el punto de vista económico, del reemplazo de una raza por otra. Aun admitiendo el rigor y la elegancia de la metodología propuesta por el autor, consideré que el enfoque es difícil de aplicar en las condiciones de Uruguay porque a la variabilidad en los precios de los productos generados por la majada se suma la variabilidad en el costo de sustitución de una raza por otra. Preferí hacer consideraciones acerca de la comparación en términos del rendimiento físico de cada raza estudiando los rasgos de mayor importancia. La evaluación económica la conduje después, calculando márgenes brutos, con base en el comportamiento de cada raza y un rango razonable de valores de precios y costos de producción.

En esta sección seguí el enfoque tradicional en la comparación de razas y genotipos, que ignora la existencia de información anterior sobre las razas y genotipos a ser evaluados. Este supuesto fue válido y defendible en el pasado y lo sigue siendo en la actualidad en algunos casos. La implementación en Uruguay de evaluaciones genéticas poblacionales en la mayoría de las razas ovinas (Ciappesoni *et al.*, 2011; Ciappesoni *et al.*, 2014; INIA y SUL, 2023) permite pensar en un enfoque alternativo que esbozo como propuesta de futuro en la sección 4. Nótese que el estudio que detallo a continuación está principalmente enfocado en los

experimentos conducidos en el CRS y la EEER, y no pretende ser un examen general del tema.

1.3.1. Bases estadísticas de la determinación del número de animales

1.3.1.1. Teoría

Cuando se diseñan experimentos que evalúan y comparan genotipos, un paso fundamental, pero a menudo pasado por alto, es la determinación del número necesario de animales para obtener resultados confiables (Ponzoni *et al.*, 2011). La determinación del tamaño de muestra depende de varios factores, incluyendo la magnitud de la diferencia (δ) que se desea detectar, el nivel de significancia (α), la potencia o probabilidad (β) de observar diferencias si la verdadera diferencia es igual a δ , y el desvío estándar (σ) del rasgo en cuestión (Snedecor y Cochran, 1989). La potencia estadística del experimento es esencial para garantizar que sea capaz de detectar diferencias reales cuando estas existen. Una potencia del 0,80 o 0,90 suele considerarse suficiente. Valores más altos, como 0,95 o 0,99, pueden resultar en tamaños de muestra prohibitivos desde el punto de vista de los costos (Snedecor y Cochran, 1989). La elección de la potencia adecuada debe equilibrar la capacidad de detectar diferencias significativas con la eficiencia en el uso de los recursos disponibles.

El tamaño de la muestra en un experimento de muestras independientes se calcula de la siguiente manera (Snedecor y Cochran, 1989):

$$n = 2(Z_{\alpha} + Z_{\beta})^2 (\sigma/\delta)^2 \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

n : número de animales por genotipo (tamaño de la muestra)

Z_{α} : desvío normal estandarizado referido al error tipo I (nivel de significancia)

Z_{β} : desvío normal estandarizado referido al error tipo II (poder de la prueba)

σ : desvío estándar del rasgo

δ : magnitud de la diferencia a detectar

Un 0,05 de nivel de significancia y 0,80 de poder de la prueba son valores razonables, lo que corresponde a $(Z_{\alpha} + Z_{\beta})^2 = 7,9$ (Snedecor y Cochran, 1989). El número mínimo de animales requerido por genotipo se relaciona positivamente con el desvío estándar del rasgo y negativamente con la magnitud de la diferencia a detectar.

Cuando se cuenta con una estructura familiar, el tamaño del experimento debe ser más grande que con muestras independientes. Hill (1980) relaciona el tamaño experimental basado en animales independientes con el tamaño experimental basado en familias, a través de la siguiente ecuación:

$$n_f = n[1 + t(k - 1)] \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

n_f : número de animales por genotipo (tamaño de la muestra) cuando existe estructura familiar

t : correlación intraclase entre hermanos ($t = rh^2 + c^2$)

r : parentesco aditivo entre hermanos (0,5 para hermanos enteros, 0,25 para medios hermanos)

h^2 : heredabilidad del rasgo

c^2 : efecto en común a hermanos enteros ($c^2 = 0$ en medios hermanos)

k : número de individuos por familia (cuando $k = 1$, $n_f = n$)

El número de animales requerido por genotipo se relaciona positivamente con el número de individuos por familia y con el valor de la correlación intraclase. La heredabilidad, que es un múltiplo de la correlación intraclase, influye en el número de animales requerido y puede diferir entre rasgos (Ponzoni *et al.*, 2011).

En los experimentos con especies pecuarias, el factor limitante (además del número de individuos medidos) suele ser el número de machos a utilizar para que pueda considerarse que la progenie es representativa de la población animal de origen y no de los machos en particular que han sido utilizados (Blasco y Sorensen, 1991). Los diseños de comparación de líneas, razas o cruza se pueden plantear determinando la diferencia δ que se desea detectar mediante una prueba o bien

determinando el error estándar o el intervalo de confianza de la diferencia entre las medias de dos grupos que se considera permisible (Blasco y Sorensen, 1991). El error estándar de la diferencia de medias va a depender del número de padres y madres de los individuos utilizados en la muestra además del tamaño de ésta, y la solución óptima depende de las posibilidades de cada experimento (Blasco y Sorensen, 1991).

Retornando a la ecuación 2, la tabla 1 presenta el factor (término dentro de los paréntesis rectos en la ecuación) por el que se multiplica n para diferentes heredabilidades del rasgo en cuestión, suponiendo que se cuenta con información de 10 medios hermanos por padre.

Tabla 1.

Factor por el que se incrementa n para obtener n_f para distintos valores de heredabilidad suponiendo 10 medios hermanos por padre.

Heredabilidad del rasgo	Factor
0	1,00
0,05	1,11
0,1	1,23
0,2	1,45
0,3	1,68
0,4	1,90

Cuando la heredabilidad del rasgo es cero, n es igual a n_f , es decir, el número necesario de animales es igual con o sin estructura familiar. Cuando la heredabilidad es mayor que cero, el valor del factor (y, por tanto, de n_f) es mayor cuanto mayor sea la heredabilidad. Para rasgos con una heredabilidad por encima de cero, la existencia de una estructura familiar, en particular de padres, hace que n sea una subestimación del número necesario de animales. La subestimación es tanto mayor cuanto mayor sea la heredabilidad del rasgo en cuestión. Por ejemplo, si para comparar dos razas la ecuación 1 indica que se necesitan 50 animales, para un rasgo con heredabilidad igual a 0,4, con una estructura familiar de 10 medios hermanos por padre, necesitaríamos casi el doble de animales (95) para el grado de

significancia y potencia que establecimos para la prueba. En conclusión, cuando existe una estructura familiar, n subestima n_p , y la subestimación es tanto mayor cuanto mayor sea la heredabilidad del rasgo considerado.

1.3.1.2. Cálculo del número necesario en la práctica

Las ecuaciones 1 y 2 para calcular n son sencillas. Los valores asumidos por $(Z_\alpha + Z_\beta)^2$ están tabulados (e. g., en Snedecor y Cochran, 1989). De modo general se aceptan niveles de 0,05 para α y de 0,8 para β . No hay dificultad en obtener valores de desvíos estándar, pueden provenir de experimentos propios o de estimaciones publicadas en la literatura. En este estudio utilicé la raíz cuadrada de las varianzas residuales de los modelos estadísticos ajustados a cada variable. La mayor dificultad radica en decidir cuál es la magnitud de la diferencia entre razas que queremos detectar como significativa a un nivel de 0,05 con un poder de 0,8.

Para el cálculo del tamaño de muestra considerando la existencia de una estructura familiar (n_f), supuse que cada padre utilizado deja 10 individuos que serán evaluados. Los valores de heredabilidad de cada rasgo fueron escogidos como ‘aceptables’ tras revisar los reportados por Mueller *et al.*, (2003); Janssens *et al.*, (2004); Safari *et al.*, (2005); David *et al.*, (2008); Ciappesoni *et al.*, (2013) y Sánchez *et al.*, (2016).

1.3.1.3. Exploración inicial

Como primera aproximación calculé el tamaño necesario de muestra para detectar diferencias de 5 % y 10 % de la media en cada rasgo. Nótese que para expresar δ como porcentaje se requiere la media, y el σ también se divide entre la media en la ecuación 1 (o sea que en lugar de σ se usa el coeficiente de variación). Como numerador y denominador del cociente σ/δ se dividen entre el mismo valor, la media que se elija no afecta el valor que se obtiene para n . Las tablas 2 y 3

presentan los tamaños de muestra requeridos (n y n_j) para satisfacer las condiciones establecidas en la comparación de genotipos en cada experimento.

Tabla 2.

Tamaños teóricos para muestras independientes (n), para muestras suponiendo una estructura familiar (n_f) y cantidad de animales evaluados en el experimento en el CRS.

Rasgos evaluados	μ	σ	n		h^{2*}	n_f		$n_{\text{Observado}}$		
			5 %	10 %		5 %	10 %	Corriedale	Highlander	Milchschaf
<i>Rasgos de lana</i>										
Peso de vellón sucio	3,66	0,47	103	26	0,33	179	45	39	20	19
Rendimiento al lavado	79,8	3,83	15	4	0,51	31	8	39	20	19
Peso de vellón limpio	2,91	0,37	105	26	0,36	190	47	39	20	19
Diámetro de la fibra	33,2	1,66	16	4	0,57	36	9	39	20	19
<i>Rasgos reproductivos</i>										
Fertilidad	0,88	0,34	959	240	0,07	1099	275	39	20	19
Tamaño de camada	1,61	0,55	741	185	0,10	908	227	39	20	19
Número de corderos nacidos	1,41	0,74	1761	440	0,10	2157	539	39	20	19
Número de corderos destetados	1,06	0,80	3578	895	0,07	4142	1035	39	20	19
<i>Rasgos corporales</i>										
Peso vivo pre encarnera	63,6	5,37	45	11	0,31	76	19	39	20	19
<i>Rasgos de la proge</i>										
Peso al nacimiento	4,23	0,69	167	42	0,18	235	59	115	104	73
Peso al destete	24,7	3,84	153	38	0,20	221	55	115	104	73
Sobrevivencia	0,87	0,31	823	206	0,03	879	220	115	104	73

Nota. * - Valores de heredabilidad escogidos como aceptables con base en la literatura consultada.

Tabla 3.

Tamaños teóricos para muestras independientes (n), para muestras suponiendo una estructura familiar (n_f) y cantidad de animales evaluados en el experimento en la EEBR.

Rasgos evaluados	μ	σ	n		h ^{2*}	n _f		n _{Observado}					
			5 %	10 %		5 %	10 %	¾MD_¾C	¾C_¾MD	¾MD_¼C	¾C_¼MD	½MD_½C	C
Rasgos de calidad de lana y corporales evaluados subjetivamente previo a la esquila**													
Podredumbre del vellón	2,43	1,23	1630	407	0,17	2253	563	20	16	148	140	347	180
Color	2,93	0,68	338	84	0,39	630	158	20	16	148	140	347	180
Carácter	2,80	0,84	574	144	0,41	1104	276	20	16	148	140	347	180
Lana en la cara	3,00	0,61	260	65	0,50	553	138	20	16	148	140	347	180
Rasgos de producción y calidad de lana medidos objetivamente													
Peso de vellón sucio	2,71	0,36	112	28	0,33	195	49	20	16	148	140	347	180
Rendimiento al lavado	75,2	3,82	16	4	0,51	35	9	20	16	148	140	347	180
Peso de vellón limpio	2,03	0,29	126	32	0,36	228	57	20	16	148	140	347	180
Diámetro de la fibra	21,4	1,56	34	8	0,57	77	19	20	16	148	140	347	180
Coeficiente de variación del diámetro	22,3	2,63	88	22	0,46	179	45	20	16	148	140	347	180
Porcentaje de fibras con diámetro > 30 μm	5,76	4,92	4609	1152	0,46	9373	2343	20	16	148	140	347	180
Largo de mecha	8,89	0,97	75	19	0,43	149	37	20	16	148	140	347	180
Rasgos de cuerpo pos esquila evaluados subjetivamente y medidos objetivamente													
Peso vivo	32,5	3,41	70	17	0,42	135	34	20	16	148	140	347	180
Conformación**	1,69	0,60	785	196	0,29	1297	324	20	16	148	140	347	180

Nota. * - Valores de heredabilidad escogidos como aceptables con base en la literatura consultada.

** - Basado en el sistema de puntajes visuales de Australian Wool Innovation y Meat and Livestock Australia, Visual Sheep Scores (AWI y MLA, 2013).

C: Corriedale; MD: Merino Dohne.

Las tablas 2 y 3 muestran algunas tendencias claras, y otras no tanto. Cuando fijé en 5 % de la media la magnitud de la diferencia a detectar, el número necesario de animales fue mayor que cuando lo fijé en 10 %. Cuando tuve en cuenta la estructura familiar, el número necesario fue mayor que para el caso de muestras independientes. Hasta ahí las tendencias son claras. No lo son tanto cuando se examina la variación de n y n_f entre rasgos, pero algunas son perceptibles examinando los valores con atención. Por ejemplo, n y n_f son menores cuando σ es una fracción más baja de la media que cuando es una fracción más alta (e.g., comparar el rendimiento al lavado de la lana con rasgos de reproducción). También, aunque la heredabilidad no es parte de la ecuación 1, n es a menudo menor cuanto mayor sea la heredabilidad del rasgo. Nótese también que esta tendencia es en la dirección opuesta a la observada cuando se tiene en cuenta la estructura familiar (sección 1.3.1.1, el incremento de n a n_f es mayor cuanto mayor es la heredabilidad).

Puesto que, a simple vista, la magnitud de la asociación de n y n_f con parámetros del rasgo no es evidente, decidí calcular la correlación de n y n_f para valores de δ de 5 % y 10 % con la heredabilidad, la media, el desvío estándar, el coeficiente de variación y con δ , para los rasgos registrados en el CRS y en la EEBR (tabla 4).

Tabla 4.

Correlaciones (valor p) entre valores de n y n_f (para δ de 5 % y 10 % de la media del rasgo) y parámetros del rasgo.

	δ (%)	Experimento	h^2	μ	σ	CV	δ
n	5	CRS	-0,60 (0,04)	-0,43 (0,17)	-0,35 (0,26)	0,96 (<0,01)	-0,43 (0,17)
		EEBR	-0,14 (0,65)	-0,25 (0,40)	0,53 (0,07)	0,93 (<0,01)	-0,25 (0,40)
	10	CRS	-0,60 (0,04)	-0,43 (0,17)	-0,35 (0,26)	0,96 (<0,01)	-0,43 (0,17)
		EEBR	-0,14 (0,65)	-0,25 (0,40)	0,53 (0,07)	0,96 (<0,01)	-0,25 (0,40)
n_f	5	CRS	-0,59 (0,04)	-0,43 (0,16)	-0,35 (0,26)	0,96 (<0,01)	-0,43 (0,16)
		EEBR	-0,05 (0,88)	-0,23 (0,45)	0,56 (0,05)	0,94 (<0,01)	-0,23 (0,45)
	10	CRS	-0,59 (0,04)	-0,43 (0,16)	-0,35 (0,26)	0,96 (<0,01)	-0,43 (0,16)
		EEBR	-0,05 (0,88)	-0,23 (0,45)	0,56 (0,05)	0,94 (<0,01)	-0,23 (0,45)

Las correlaciones de n y n_f con la media, el desvío estándar y δ no fueron estadísticamente significativas ($p \geq 0,05$). Como trascendía ya en la inspección de las tablas 2 y 3, n y n_f están negativamente relacionados con la heredabilidad. En el caso de los datos del CRS, la correlación fue estadísticamente significativa ($p < 0,05$), pero no así para la EEBR. La diferencia se debe a que la variabilidad en valores de heredabilidad es mayor para los rasgos incluidos en el CRS que para los de la EEBR. La asociación de n y n_f con el coeficiente de variación del rasgo no surgía como inmediatamente obvia, pero resultó ser positiva y la más fuerte ($p < 0,0001$) en los dos conjuntos de datos. Si bien el examen recién realizado de la relación entre n y n_f con varios parámetros es informativo y novedoso (los textos de estadística no profundizan en el tema), no soluciona el problema del número necesario de animales en comparaciones de razas y genotipos. Más bien, sirve para confirmar y alertar acerca de que en el caso de rasgos que exhiben un alto coeficiente de variación y baja heredabilidad va a ser más difícil detectar diferencias significativas entre genotipos o razas que cuando la situación es la opuesta (bajo

coeficiente de variación y alta heredabilidad). Nótese que la distribución de algunos rasgos que requieren un alto tamaño de muestra no es normal, de modo que las estimaciones de n y n_f (tablas 2 y 3) para ellos deben interpretarse con cautela. Cochran y Cox (1957) tratan el tema y presentan tablas que muestran que con distribuciones discretas el número necesario de observaciones puede ser más alto que cuando la distribución es continua.

En experimentos en los que interesa solo un rasgo de los animales o muy pocos, tomar decisiones es más fácil que en comparaciones entre genotipos de ovinos en que interesan muchos rasgos, algunos con parámetros más favorables que otros. Surge la interrogante sobre si diseñar el experimento atendiendo a los rasgos que requieren pocos animales (renunciando al rigor con que se evalúan los rasgos que requieren muchos animales) o a aquellos que requieren un número mayor (implicando un desperdicio de recursos para los rasgos que requieren menos animales). En las tablas 2, 3 y 4 consideré la mayoría de los rasgos que usualmente se registran en una majada experimental y supuse valores de δ de 5 % y 10 %, que son razonables, pero no necesariamente realistas desde el punto de vista de lo que interesa en la práctica y en los estudios conducidos en el CRS y la EEER. En una revisión enfocada en ganado lechero, McDaniel (1987) sugiere un tamaño experimental que permita detectar diferencias significativas para rasgos de importancia de baja heredabilidad. Mientras que la propuesta de McDaniel es técnicamente defendible, es probable que en muchos casos lleve a tamaños experimentales más allá de los recursos al alcance de la mayoría de los investigadores. Un refinamiento de la solución propuesta por McDaniel (1987) puede surgir de la identificación de los rasgos más importantes en la comparación y de la percepción que se tenga de la magnitud de lo que puede considerarse una diferencia de importancia práctica. Este es el camino que sigo en la sección siguiente.

1.3.1.4. Refinando el cálculo del número necesario de animales

En la estimación del número necesario de animales en una comparación entre razas o genotipos, hay dos aspectos adicionales a tener en cuenta: i) cuál o cuáles son los rasgos más importantes en la evaluación y ii) en unidades de medición de dicho o dichos rasgos, cuál sería una diferencia de magnitud tal que tuviese un impacto decisivo en la elección de genotipos. A continuación trato por separado cada experimento.

CRS: La lana producida por las tres razas, Corriedale, Highlander y Milchscharf es de escaso o nulo valor, por lo cual la consideración de rasgos pertinentes a ese producto no es importante en este caso. La orientación de la producción ovina familiar en el área de influencia del CRS es carnicera, de ahí que los rasgos de interés sean los relacionados con reproducción y crecimiento de los corderos destetados. En cuanto a reproducción, la experiencia de campo permite suponer que 0,85; 1,4 y 1,2 son cifras razonables de número de corderos destetados por oveja encarnerada para Corriedale, Highlander y Milchscharf, respectivamente. En cuanto a peso al destete de corderos, podemos suponer que los corderos Highlander y Milchscharf sean 2,5 kg más pesados que los Corriedale.

EEBR: No se esperan diferencias de importancia en peso vivo entre Corriedale y las cruza de ésta con Merino Dohne. Cruciales en este experimento son diámetro de la fibra y peso de vellón, rasgos con valores más bajos en Merino Dohne que en Corriedale. Para que el precio por kg experimente un aumento de interés, supuse que el diámetro debería ser 2 μm menor en las cruza que en Corriedale puro. Supuse también que el peso de vellón limpio sería 0,25 kg más bajo en las cruza que en Corriedale puro.

De este modo reduje a dos el número de rasgos a investigar en cada experimento y definí valores relevantes de δ para cada rasgo. La tabla 5 presenta los valores de n y n_f para los rasgos relevantes de cada experimento calculados a partir de diferencias (δ) de interés práctico.

Tabla 5.

Tamaños de muestras independientes (n) y suponiendo una estructura familiar (n_f) calculados a partir de diferencias (δ) de interés práctico en cada experimento (CRS y EEBR).

Rasgos evaluados	δ	n	n_f	$n_{\text{Observado}}$					
CRS				C	H	M			
Número de corderos destetados									
H - C	0,55	33	39						
M - C	0,35	83	96	39	20	19			
H - M	0,20	253	293						
Peso al destete (kg)									
H - C y M - C	2,5	37	54	115	104	73			
EEBR				$\frac{5}{8}\text{MD}_{-\frac{3}{8}\text{C}}$	$\frac{5}{8}\text{C}_{-\frac{3}{8}\text{MD}}$	$\frac{3}{4}\text{MD}_{-\frac{1}{4}\text{C}}$	$\frac{3}{4}\text{C}_{-\frac{1}{4}\text{MD}}$	$\frac{1}{2}\text{MD}_{-\frac{1}{2}\text{C}}$	C
Peso del vellón sucio (kg)									
C - cruzas con MD	0,25	33	58	20	16	148	140	347	180
Diámetro de la fibra (µm)									
C - cruzas con MD	2	10	20	20	16	148	140	347	180

Nota. C: Corriedale; MD: Merino Dohne.

En conjunto, los resultados del cálculo del número necesario de animales enfocado en los rasgos de mayor importancia y en diferencias trascendentes en la práctica son alentadores, pero indican la necesidad de cautela en la interpretación de algunas de las diferencias observadas. En el caso del CRS, para peso al destete, el número de animales excede lo requerido. Para número de corderos destetados, se aproxima a lo necesario para la diferencia esperada entre H y C, pero está por debajo para M y C y muy por debajo para H y M. En el caso de la EEER, los números son satisfactorios para diámetro. También lo son para peso de vellón sucio en los genotipos que se generan temprano en el establecimiento de un sistema rotacional de cruzamientos, pero no lo son para los genotipos que se generan más tarde (*i. e.*, $\frac{5}{8}\text{MD} - \frac{3}{8}\text{C}$, $\frac{5}{8}\text{C} - \frac{3}{8}\text{MD}$).

1.3.1.5. ¿Es alcanzable el número sugerido por la teoría? Probables razones por las que no lo es

Al planificar experimentos, hay instancias en que se impone de antemano un límite superior al número de animales utilizados por razones de espacio disponible, de costos o de mano de obra calificada para tomar los registros de interés.

Cuando se está explorando más allá de los recursos genéticos ya establecidos en los sistemas de producción ovina, la disponibilidad de animales de uno o más genotipos o razas puede ser un factor limitante. Esto puede ocurrir en la fase inicial de introducción de genotipos no presentes anteriormente y cuando se crean nuevos genotipos por transgénesis o edición genómica (Hay *et al.*, 2022; Kalds *et al.*, 2019; Menchaca *et al.*, 2020; Tait-Burkard *et al.*, 2018). En este último caso el número de animales generado por las técnicas de manipulación genética puede ser bajo, pero el interés en evaluar su desempeño es muy alto.

1.3.1.6. ¿Es apropiado realizar evaluación de genotipos o razas con números inferiores a los que sugiere la teoría?

No hay una respuesta única a esta pregunta, sino que ella depende de las circunstancias específicas del caso. A pesar de sufrir de limitaciones en cuanto a tamaño de muestra, hay situaciones en que experimentos de tamaño inferior al indicado por la teoría pueden justificarse.

Una situación probable es que el trabajo propuesto tenga un carácter único, es decir, que no existan evaluaciones similares involucrando las razas o genotipos de interés. En situaciones así puede juzgarse que el valor científico de los resultados que se obtengan sea moderado, pero que el saldo resulte positivo frente a una ausencia total de información si el trabajo no se lleva a cabo. Más aún, la continuidad en el tiempo de la experimentación ampliará la base de animales, lo que podrá, así, aumentar la confiabilidad de los resultados.

La decisión también puede basarse en la percepción de que el establecimiento de majadas experimentales compuestas de las razas o genotipos de interés tiene un valor demostrativo para productores y educativo para la formación de profesionales de diversas instituciones vinculadas a la producción ovina.

1.3.1.7. El caso de los experimentos que proporcionan los datos analizados en esta tesis

Los cálculos efectuados en el apartado 1.3.1.4 de esta sección muestran que, para los rasgos de mayor interés, el número de animales fue satisfactorio en algunos casos y no tanto en otros. En cuanto al CRS, el número de animales para peso al destete no es limitante, pero sí lo es para rasgos reproductivos, cuya interpretación de resultados debe hacerse con cautela. Los resultados son alentadores en el caso de la EEER, excepto para los genotipos generados en un estado avanzado de la implementación del cruzamiento rotacional entre C y MD.

Nótese que la iniciación de los experimentos en el CRS y en la EEBR tuvo lugar en un contexto de limitaciones de espacio y de número disponible de animales de cada raza. En la decisión de ir adelante a pesar de estas limitaciones influyeron las siguientes razones: i) ausencia de información comparativa para las razas involucradas en el CRS, ii) ausencia de información acerca del uso de las razas Corriedale y Merino Dohne en cruzamiento rotacional, y iii) que las majadas establecidas iban a ser informativas para productores y estudiantes.

Los resultados probaron que la decisión fue acertada. La clave para evitar sacar falsas conclusiones radica en la interpretación rigurosa de los resultados y en la consideración del contexto biológico y práctico. Estas limitantes resaltan la necesidad de dar continuidad a este tipo de trabajo experimental durante varios años porque a menudo no es posible contar en un momento dado con el número necesario de animales. La replicación de experimentos en diferentes lugares también puede ser una estrategia útil para superar las limitaciones de recursos y aumentar la confiabilidad de los resultados. Estas estrategias pueden contribuir a generar una base sólida de evidencia en la comparación de genotipos.

La consideración de las limitaciones que casi inevitablemente enfrenta el establecimiento de experimentos de evaluación de razas o genotipos sirvió como estímulo para la elaboración de una estrategia lógica, esbozada en la sección 4, a perseguir en el futuro.

1.3.2. Consideraciones económicas

Cuando se evalúan diferentes razas, la identificación del criterio más apropiado para hacer evaluaciones económicas representa un problema complejo (Hohenboken, 1986). Mayor producción (*e.g.*, peso de canal o número de corderos destetados por hembra destinada a la reproducción) no necesariamente conduce a mayor eficiencia biológica o económica (Atkins, 1980; Wassmuth y Beuing 1974).

En sistemas de producción pastoriles, la productividad debe ser medida en términos de superficie (Cardellino *et al.*, 1991). Arnold (1975) argumenta que la productividad relativa entre distintas razas por hectárea no puede ser medida a menos que se disponga de los valores de consumo. Sin embargo, dado que existen diferencias en el peso del cuerpo entre razas, la capacidad de carga de los sistemas será diferente si suponemos que el consumo de alimento por unidad de peso del cuerpo es el mismo en las distintas razas (Daly y Carter, 1955).

Hohenboken (1986) resume indicadores de eficiencia reportados en la literatura. Algunos incluyen en el numerador el número de corderos nacidos o destetados, el peso de los corderos al destete o a la señalada, el peso de canal (Boaz *et al.*, 1980; Smith *et al.*, 1979, como se citan en Hohenboken, 1986) o la producción de lana. En el denominador puede incluirse el peso vivo de la oveja, el peso vivo de la oveja elevado a la 0,73, el consumo de alimento de la unidad ‘oveja y cordero’, o la superficie de la explotación (Dahmen *et al.*, 1978; Mann *et al.*, 1984; Smith *et al.*, 1979; Rattray *et al.*, 1978, como se citan en Hohenboken, 1986). La mayoría de estas estimaciones de eficiencia son objeto de críticas por sus limitaciones. Si en el numerador se utiliza únicamente el número de corderos destetados, se desconocen la producción de lana, la tasa de crecimiento y el potencial carnívorico de los corderos, y el valor de la oveja de refugio. Utilizar la oveja o hembra destinada a la reproducción en el denominador, desconoce la importancia del peso vivo de la oveja; si se utiliza el peso vivo en el denominador se supone la existencia de relaciones lineales entre peso vivo y consumo de alimento para mantenimiento (Hohenboken, 1986).

Gaddour y Najari (2010), evaluando razas puras y cruzamientos en cabras lecheras, concluyen que la evaluación de la productividad de los grupos genéticos conduce a resultados variables según el enfoque de la comparación (uso de índices de eficiencia vs. desempeños individuales). Estos autores proponen el desarrollo de índices bioeconómicos con componentes de eficiencia como la fertilidad, la mortalidad y el peso metabólico, así como los costos de producción asociados al sistema de producción.

Dickerson (1970) sugiere que los principales objetivos biológicos para reducir los costos de producción por unidad de valor de producto animal son: i) mayor valor del producto por hembra (leche, lana, huevos) en relación con el tamaño metabólico del cuerpo; ii) mayor tasa reproductiva, especialmente en bovinos y ovinos, para reducir los costos del rodeo reproductor por animal de carne comercializado; iii) un crecimiento magro más eficiente para la comercialización de peso vivo y precocidad sexual con un incremento mínimo en el tamaño adulto de las hembras, especialmente en bovinos y iv) combinar la producción de las hembras (leche o lana) y de la progenie para producción de carne magra bajo manejo intensivo. Los cambios en los sistemas de producción y en los valores de los productos modificarán los objetivos biológicos específicos y, por lo tanto, es necesario anticiparse lo mejor posible. Los programas de mejoramiento necesitan un énfasis equilibrado en la evaluación y la utilización de las diferencias existentes entre razas en la producción comercial y la mejora genética continua dentro de las razas o líneas puras (Dickerson, 1970).

Dadas las consideraciones estadísticas y económicas antes mencionadas, es necesario poner en contexto el presente trabajo. Muchas veces en la investigación nacional no resulta realista poder cumplir con todos los requisitos. Considero que el riguroso análisis e interpretación de la información generada, atendiendo a las limitantes que pueda presentar, representan un buen punto de partida que permitirá justificar la necesidad de realizar algo de más envergadura y a mayor escala. Basado en las estimaciones obtenidas para los diferentes rasgos, evaluaré el margen bruto para cada raza o cruce. Necesariamente los resultados serán tentativos, no definitivos, pero constituirán la base de un modelo a usar y refinar a medida que surjan más precisas estimaciones de la productividad de las diferentes razas y cruces.

1.4. Hipótesis de trabajo

La evaluación de razas (puras o en cruzamientos) con características maternas y de producción de carne, permitirá generar información que brinde a los productores de ovinos la posibilidad de tomar decisiones bien informadas con el fin de aumentar la rentabilidad del rubro. Algunas hipótesis que este trabajo investigará son las siguientes:

- i.* Las ovejas puras Highlander y Milchscaf destetarán más corderos que las Corriedale por tener mayor fertilidad y prolificidad y por mayor sobrevivencia de sus corderos.
- ii.* Los corderos de madres Highlander y Milchscaf crecerán más rápido que los producidos por madres Corriedale.
- iii.* Como consecuencia de lo anterior, las majadas Highlander y Milchscaf serán más rentables.
- iv.* Después de estabilizarse, la majada en cruzamiento rotacional (entre Corriedale y Merino Dohne) producirá igual cantidad de lana que la majada Corriedale, pero más fina y de mayor valor.
- v.* No habrá diferencia entre el peso de borregas Corriedale y las cruzas con Merino Dohne.
- vi.* Como consecuencia de lo anterior, la majada cruza será más rentable.

1.5. Objetivos

1.5.1. General

Caracterizar y evaluar el comportamiento reproductivo y productivo de razas prolíficas y doble propósito en ovinos.

El presente trabajo de tesis doctoral busca generar detallada información productiva de animales Highlander, Milchscaf y Corriedale (estas últimas apareadas con carneros Highlander y Milchscaf), y de animales producto del

cruzamiento rotacional de Merino Dohne y Corriedale. Esto permitirá evaluar el desempeño de estas razas y cruzas en los sistemas de producción predominantes en las zonas de influencia de las estaciones experimentales Centro Regional Sur (CRS, Canelones) y Bernardo Rosengurtt (EEBR, Cerro Largo).

1.5.2. Específicos

- i.* Evaluar el comportamiento productivo y reproductivo de animales de las razas Highlander y Milchschaaf puras, y Corriedale apareadas con Highlander y Milchschaaf al inicio de un cruzamiento absorbente.
- ii.* Evaluar el comportamiento productivo de borregas cruza Corriedale por Merino Dohne en un sistema rotacional de cruzamientos que se estabiliza en 2/3 de la raza paterna utilizada para generar la progenie en cuestión.

2. Production and economic evaluation of the Corriedale, Highlander and Milchschaaf sheep breeds in Southern Uruguay

La producción ovina se está extendiendo entre los pequeños productores del sur de Uruguay. Actualmente se utilizan las razas Corriedale (C) y Milchschaaf (M), pero no Highlander (H). Se carece de información experimental sobre el rendimiento relativo de estas razas. En el Centro Regional Sur, ubicado en la región en cuestión, realizamos un experimento con estas razas. Evaluamos rasgos de lana, corporales, reproductivos, y de crecimiento de los corderos registrados entre 2015 y 2019. Los resultados se utilizaron como base para calcular márgenes brutos (MB) para cada raza, en función de una serie de escenarios productivos y económicos. Para los escenarios basados en los resultados del presente estudio, H fue la raza con mejor desempeño. Si se suponía que no tenía lana, sus resultados eran aún mejores. En algunos escenarios, C obtuvo mejor MB, sobre todo cuando supusimos precios para la lana como los que obtenía años atrás. Sin embargo, es poco probable que en un futuro próximo se vuelvan a obtener esos precios. Concluimos que, a falta de ovejas deslanadas con rendimiento similar al de H o M en términos de reproducción y crecimiento de los corderos, H es la mejor opción para los pequeños productores del sur de Uruguay. Hasta ahora, M ha sido la raza recomendada para la región y el sistema de producción en cuestión. Debería revisarse dicha recomendación, sugerirse la raza H en su lugar, e investigar el desempeño de razas deslanadas. Los resultados podrían aplicarse a otras regiones templadas de América Latina en las que existan o puedan desarrollarse sistemas de producción similares.

Palabras clave: desempeño reproductivo, producción de carne de cordero, pequeños productores, margen bruto



Production and economic evaluation of the Corriedale, Highlander and Milchschaaf sheep breeds in Southern Uruguay

Washington Bell^{1*} Ana Laura Sánchez¹ Raúl Ponzoni²

¹Departamento de Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Garzón 780, Montevideo, Uruguay. E-mail: wbell@fagro.edu.uy. *Corresponding author.

²Colegio de Posgrados, Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.

ABSTRACT: Sheep production is expanding among small farmers in Southern Uruguay. Currently, Corriedale and Milchschaaf are being used, but not Highlander. However, there is lack of experimental information regarding the relative performance of these breeds. We conducted an experiment where these three sheep breeds were run together at the Southern Regional Centre, located in the region in question. Wool, body, reproductive and lamb growth traits were recorded from 2015 to 2019. Results were used as a basis for the calculation of gross margins for each breed, which we calculated for a range of production and economic scenarios. For scenarios based on the results of the present study Highlander was the best performing breed. If it was assumed to be wool-less, it performed even better. In some scenarios Corriedale performed best, especially when the higher wool price it used to enjoy was assumed. However, fetching such a price in the foreseeable future is unlikely. We concluded that in the absence of wool-less sheep that perform in a manner similar to Highlander or Milchschaaf in terms of reproduction and lamb growth, Highlander is currently the best option for small farmers in Southern Uruguay. Until now, Milchschaaf has been the recommended breed for the region and production system in question. The recommendation should be reviewed, Highlander should be recommended instead, and the performance of wool-less breeds should be investigated. Results could be applicable to other temperate regions in Latin America where similar production systems exist or may be developed.

Key words: reproductive performance, lamb meat production, small scale farmers, gross margin.

Produção e avaliação econômica das raças ovinas Corriedale, Highlander e Milchschaaf no Sul do Uruguai

RESUMO: A produção de ovinos está se expandindo entre os pequenos produtores do Sul do Uruguai. Corriedale e Milchschaaf estão sendo utilizados atualmente, mas não Highlander. Não obstante, há uma falta de informações experimentais sobre o desempenho relativo destas raças. Realizamos um experimento no qual estas três raças ovinas foram manejadas juntas no Centro Regional Sul, localizado na região em questão. As características de lã, corpo, reprodução e crescimento do cordeiro foram registradas de 2015 a 2019. Os resultados foram usados como base para calcular as margens brutas para cada raça, o que fizemos para uma série de cenários de produção e econômicos. Nos cenários baseados nos resultados deste estudo, a raça Highlander foi a que teve melhor desempenho. Se, se supunha que não tinha lã, seu desempenho era ainda maior. Em alguns cenários, Corriedale foi a raça com melhor desempenho, particularmente quando se supôs preços mais altos da lã, como os que se obtinham anos atrás. No entanto, é improvável que estes preços sejam atingidos novamente num futuro próximo. Concluímos que, na ausência de ovelhas sem lã, que tenham um desempenho semelhante ao Highlander ou Milchschaaf em termos de reprodução e crescimento do cordeiro, Highlander é atualmente a melhor opção para os pequenos produtores do sul do Uruguai. Até agora, Milchschaaf tem sido a raça recomendada para a região e para o sistema de produção em questão. Esta recomendação deve ser revista, o Highlander deve ser a raça recomendada, e o desempenho das raças sem lã deve ser investigado. Os resultados poderiam ser aplicáveis a outras regiões temperadas da América Latina onde sistemas de produção similares existem ou podem ser desenvolvidos.

Palavras-chave: desempenho reprodutivo, produção de carne de cordeiro, pequenos produtores, margem bruta.

INTRODUCTION

The number of sheep in Uruguay has been steadily decreasing, from 25 million in 1990, to 6.34 million in 2020 (MGAP, 2021; MONTOSI et al., 2013). Factors such as increased areas occupied by agriculture, forestry, and dairy and beef cattle production, have contributed to the decline. In addition to the reduction in numbers there have been changes

in the distribution and nature of production systems in the country (GANZÁBAL, 2014). In broad terms, there is now a concentration of relatively large flocks of fine wool sheep (mainly Merinos) in the Northwest region, in extensive production systems with little or no pasture improvement. By contrast, during the past decade small scale sheep meat production systems have proliferated in the South in family run farms (MGAP, 2021). The favourable prices for sheep meat

Received 09.06.22 Approved 11.10.22 Returned by the author 01.27.23
CR-2022-0497.R1
Editors: Rudi Weiblen Magda Vieira Benavides



and the suitability of sheep production in small family farms have resulted in an increase in both number of sheep and number of farms with sheep in the South of the country. In such meat oriented production systems reproduction and growth traits are of paramount importance. Due to the relatively recent expansion of sheep production in this area there is a paucity of information regarding breed comparisons and best choice for these production systems.

Introduced in 1912, Corriedale is the numerically most important breed in Uruguay (42 %, MGAP, 2018). Ewes of this dual purpose breed are readily available to producers willing to establish a small flock. Highlander and Milchscharf were introduced much more recently (2005 and 1990, respectively) and their number is small (~ 1 %) compared with Corriedale. However, these two breeds are more 'meat oriented' and could also be suitable for small scale producers. To date, there have been no evaluations of Corriedale, Highlander and Milchscharf sheep grazing together in an environment akin to that prevailing in many small farms in Southern Uruguay.

In this paper we present results of an evaluation of wool production, reproduction and lamb growth in Corriedale, Highlander and Milchscharf, managed together in a research centre in Southern Uruguay. We also conduct an economic evaluation of the three breeds, the results of which could be applicable not only to Uruguay, but also to other temperate regions of Latin America.

MATERIALS AND METHODS

The environment and production system

The experimental work was carried out in the Southern Regional Centre (acronym in Spanish: CRS), Department of Canelones (34°36'47"S 56°13'04"W). The average maximum and minimum temperatures are 23 °C in January and 12 °C in June, respectively. Average annual rainfall from 1980 to 2009 was 1101 mm, evenly distributed during the year (CASTAÑO et al., 2011; INUMET, 2019).

The sheep unit in the CRS consists of 11 ha divided into 6 paddocks and 5 holding pens representing about 25 per cent of the total area. The unit is sown with permanent pasture species (*Medicago sativa*, *Bromus sp.*, *Trifolium repens* and *Cichorium intybus*), in a four year rotation with annual species (*Lolium multiflorum* and *Glicine max*). Holding pens are not included in the pasture rotation. The flock grazed the paddocks in 8 hour daily shifts, remaining the rest of the time in holding pens with access to water and hay. Grain (maize at a rate of

0.5 % of live weight) supplementation was provided to breeding ewes 3 weeks before lambing and to young sheep after weaning if pasture availability was limiting. Note that this reflects the relatively intensive production systems prevailing in the South of the country. Stocking rate and productivity could differ in more extensive ones based on natural pastures.

Flock management

Mating took place in Autumn from the 20th of March to the 10th of May, whereas lambing was from late August to October. Rubber rings were applied to lambs at birth to cut the tail, and to the scrotum, pushing testicles into the abdomen to induce cryptorchidism. Lambs were marked in November and weaned in the second half of December. Breeding ewes were shorn 4 to 6 weeks before the beginning of lambing (July or August), depending on weather conditions and shearers' availability. Young sheep were shorn at the same time (and for the first time) when they were 10 to 11 months old.

Gastrointestinal parasites are prevalent in the CRS. Breeding ewes were strategically drenched a week before mating, a week before the beginning of lambing, at lamb marking and at weaning. Ewe lambs were monitored for worm egg count (WEC) every three weeks during summer or as deemed necessary according to prevailing weather, pasture and sheep condition. Ewe lambs were tactically drenched if WEC exceeded 500. Health management practices included biannual vaccinations against clostridial diseases, preventive pour-on against lice and sheep scab at shearing, preventive foot-rot baths, and control of flystrike.

Brief background of breeds involved and experimental animals

The Corriedale breed was developed in New Zealand by crossing Merino with Lincoln sheep. The objective was to create a dual (wool and meat) purpose breed. It was introduced to Uruguay over a century ago. A recent survey estimated that it still represents almost half of the national flock (MGAP, 2018). Also originating in New Zealand, the Highlander breed was developed in 2001 as a synthetic combining Finish Landrace, Romney Marsh and Texel (FOCUS GENETICS, 2021). The objective was to instil early sexual maturity, high reproductive rate and rapid lamb growth in a maternal breed. It was introduced to Uruguay in 2005. Milchscharf is a dairy breed from the region of Frisia (Germany). It is known as Ostfriesisches Milchscharf in its country of origin, as East Friesian in English

speaking countries, and as Frisona in Argentina and Spain. It was introduced to Uruguay in 1990. At the time, the intention was to develop a dairy sheep sector but the initiative did not prosper. Because Milchscharf has other virtues in addition to high milk production, promoted by the National Institute of Agricultural Research (acronym in Spanish: INIA), it emerged as an option in small scale sheep farming in Southern Uruguay. Note; however, that to date there have been no earlier sheep breed evaluations for Southern Uruguay's sheep production systems. Numerically, both Highlander and Milchscharf are small compared to Corriedale (MGAP, 2018).

The research began with 40 Corriedale, 20 Highlander and 20 Milchscharf mixed age ewes. Thereafter the flock increased in size by the incorporation of the female progeny generated in the experiment. Corriedale ewes were surplus from a research station belonging to Agricultural School (acronym in Spanish: Fagro), in the Department of Cerro Largo, Northeast region. Rams used in this flock were either purchased or donated by the Corriedale Breed Society, and were considered of high standard by breed officials. Highlander ewes were donated by the firm Frileck S.A., sole source responsible for marketing the breed in Uruguay. Milchscharf ewes were donated by INIA Las Brujas, Department of Canelones. Highlander and Milchscharf ewes were mated with rams of their own breed, supplied by Frileck S.A and INIA, respectively, and considered of high standard. Half of the Corriedale ewes were mated with Highlander rams and the other half with Milchscharf rams, initiating a process of upgrading (currently in progress) of Corriedale that will be reported elsewhere. Rams were replaced each year, provided by Frileck S.A. and INIA for Highlander and Milchscharf, respectively. Up to and including the 2019 mating, seven and eight rams were used of the former and latter breed, respectively. Ewes assigned to each ram were chosen avoiding the mating of close relatives. Whereas we acknowledge the limited number of sheep sampled from each breed, those chosen were considered representative of what was available at the time to producers in the region. A 'founder effect' cannot be ruled out, but it is likely to be small relative to the between breed differences, and further reduced by the incorporation of progeny generated in the course of the experiment.

Data recording

Wool production and reproduction records were taken from 2015 to 2019. During shearing greasy fleece weight (GFW) was recorded and a mid side

wool sample was taken and sent to the Uruguayan Wool Secretariat (acronym in Spanish: SUL) wool laboratory for analysis and estimation of scouring yield (Yld) and average fibre diameter (FD). Ewes were weighed before mating (eLW1), post shearing (eLW2) and at weaning (eLW3).

After giving birth, ewes were individually identified and lambs were tagged. Date of lambing, sex and birth weight (BW) of each lamb were recorded daily. Assistance to ewes and lambs was minimal, essentially relying on the ewe's maternal instinct and the lambs' drive to suckle. Reproductive variables analysed were: number of ewes lambing per ewe mated (fertility, F), number of lambs born per ewe lambing (litter size, LS), number of lambs born per ewe mated (NLB) and number of lambs weaned per ewe mated (NLW). Dead lambs were recorded at birth and thereafter until weaning to calculate survival during lactation (Surv). Lambs were weighed at weaning (WW).

Statistical analyses

The following general model was fitted to ewe wool and body traits:

$$Y_{ijklm} = \mu + B_i + E_{j(i)} + Yr_k + A_l + RS_m + e_{ijklm}$$

where Y is the observed value, μ is the overall mean, B is the breed effect, E is the ewe effect nested within B , Yr is the year effect, A is the ewe age effect, RS is the effect of ewe reproductive status in the season before the wool or body trait was recorded and e is the experimental error. All effects were treated as fixed except E and e that were treated as random. The same model, but without RS , was fitted to reproductive traits.

The following general model was fitted to progeny records:

$$Y_{ijklmno} = \mu + B_i + S_j + Yr_k + TB_l + AoD_m + Sx_n + \beta (DateBth_{ijklmno} - DateBth) + e_{ijklmno}$$

where Y is the observed value, μ is the overall mean, B is the breed effect, S is the sire effect, Yr is the year effect, TB is the type of birth effect, AoD is the effect of age of the dam, Sx is the sex effect, $DateBth$ is the date of birth of the lamb, β is the regression coefficient of the trait in question on date of birth, and e is the experimental error. All effects were treated as fixed except S and e that were treated as random, and $DateBth$ that was fitted as a linear covariate in the case of weaning weight but not for lamb survival.

In preliminary runs two way interactions among the fixed effects were fitted but almost without exception they were deleted from the model because they were non-significant or because they could not be fitted due to missing observations in some sub classes.

SAS 9.4 (SAS Institute Inc., 2013) was used to perform the analyses. PROC MIXED was



used in the analysis of continuous data, whereas both PROC MIXED and PROC GLIMMIX were used to analyse discrete data (such as reproductive records). There were instances in which the analyses with PROC GLIMMIX did not converge or failed to produce sensible results due to non-positive definite matrices. When PROC GLIMMIX worked well it produced results that were almost identical to those produced by PROC MIXED. For this reason, and consistent with findings and the approach adopted by other researchers (EVERETT-HINCKS et al., 2014; NEL et al., 2021; VANDERICK et al., 2015) we present the results for discrete traits from fitting a linear model with PROC MIXED for consistency and ease of interpretation.

Calculation of gross margins

Gross margins for each breed were calculated following the methodology described in PIRSA (2021). Production (clean fleece weight, fibre diameter, live weights) and reproduction (number of lambs weaned) values were based on the least squares means estimated in this study for each breed. In the case of ewe live weight the average of eLW1 and eLW2 was used. Initially gross margins were calculated for a flock of 100 breeding ewes for each breed. Because of the significant between breed difference in ewe live weight (H and M heavier than C) we 'adjusted' the number of H and M ewes to a stocking pressure equivalent to that of 100 Corriedale ewes. We did this in two ways: (i) assuming that ewe feed intake was proportional to $eLW^{0.75}$ (KLEIBER, 1975), and (ii) by calculating ewe intake throughout the production cycle for each breed using the information in Nutrient Requirements of Sheep (NRC, 1985). The results from

these two approaches were almost identical, hence, we only present the results from (i). In the case of M, a dairy breed, we investigated a further option assuming feed requirements at the same live weight would be 20 per cent greater than for a non-dairy breed of the same live weight (NRC, 2007, 2001, 2000).

Table 1 shows the assumed product prices and variable production costs. Variable costs are those that vary with the level of production and reproduction of the flock. Other costs (e.g. taxes, levies, electricity, labour) were assumed to be independent of the level of production and reproduction of the flock (i.e. fixed). When more than one value was tried for a price, the alternative appears in bold. When different values were used for each breed they are specified, otherwise the single value applied to all breeds is presented.

A SAS script (available from the senior author) was developed to perform the calculations. It can be used to explore scenarios other than those dealt with here.

RESULTS

Production and reproductive performance

Table 2 shows descriptive statistics for the traits recorded. In the presentation of results, and their later discussion, we mainly focus on among breed differences. Other effects may on occasions be commented upon, especially if they are of relevance to the breed evaluation.

Tables 3 and 4 show the analysis of variance and the least squares means for wool traits, respectively. There were significant between breed differences for all traits. For GFW, Yld and CFW,

Table 1 - Product prices and variable production costs.

Item	Value (US\$) ^A		
Product Price	Corriedale	Highlander	Milchschaft
Clean wool (US\$/kg)	1.80, 3.50	0.80	0.80
Lambs (US\$/kg of carcass)	2.00, 4.00	2.00, 4.00	2.00, 4.00
Cull for age ewes (US\$/kg of carcass)	4.00	4.00	4.00
-----Variable cost-----			
Shearing (US\$/animal)	0.70	0.70	0.70
Wool packing and transport (US\$/kg)	0.03	0.03	0.03
Vaccines (US\$/animal)	0.33	0.33	0.33
Anti helminths (US\$/animal)	0.60	0.60	0.60
Dipping, lice, fly strike treatments (US\$/animal)	1.44	1.44	1.44
Finishing lambs (~24 to 32-34 kg) (US\$/lamb)	9.33	9.33	9.33

^AIn bold, alternative values tried for the calculation of gross margin in some of the scenarios investigated.

Table 2 - Descriptive statistics: number of observations (N), simple mean, minimum and maximum, standard deviation (σ) and coefficient variation (CV, %).

	N	Mean	Min	Max	σ	CV
-----Wool traits-----						
GFW (kg)	234	3.87	1.60	7.95	1.03	26.6
Yld (%)	235	78.4	54.1	89.5	5.69	7.26
CFW (kg)	234	3.02	1.23	5.87	0.77	25.6
FD (μ m)	235	31.6	21.3	38.1	3.39	10.8
-----Reproductive traits-----						
F	239	0.84	0.00	1.00	0.37	43.6
LS	201	1.67	1.00	6.00	0.73	43.6
NLB	239	1.41	0.00	6.00	0.91	64.5
NLW	233	1.11	0.00	3.00	0.83	75.1
-----Body traits-----						
eLW1 (kg)	159	64.2	45.0	94.0	9.93	15.5
eLW2 (kg)	88	68.5	39.0	99.0	13.3	19.3
eLW3 (kg)	118	59.3	42.0	77.0	8.92	15.0
-----Progeny traits-----						
BW (kg)	287	4.63	2.00	8.20	1.02	21.9
WW (kg)	258	27.0	12.0	44.0	6.13	22.7
Surv	292	0.88	0.00	1.00	0.32	36.4

GFW: greasy fleece weight; Yld: scouring yield; CFW: clean fleece weight; FD: fibre diameter; F: fertility; LS: litter size; NLB: number of lambs born; NLW: number of lambs weaned; eLW1: pre mating liveweight; eLW2: post shearing liveweight; eLW3: post weaning liveweight; BW: lamb birth weight; WW: lamb weaning weight; Surv: survival to weaning.

H and M differed from C but not from each other, whereas for FD all breeds differed from each other. The breed by reproductive status interaction was statistically significant ($P < 0.01$) for GFW and CFW, the values for C were always greater than those of H and M. However, within breeds the values for different levels of reproductive status varied without a consistent pattern. This gave rise to the significant interaction, which is most likely of spurious origin.

There were significant between breed differences for all ewe live weights ($P < 0.01$). For

eLW1 (60.2 kg, 74.4 kg and 71.8 kg for C, H and M, respectively) and eLW2 (61.1 kg, 81.2 kg and 78.7 kg for C, H and M, respectively), C differed from H and M, whereas H and M did not differ from each other. In the case of eLW3 all breeds differed from each other (49.6 kg, 65.0 kg and 60.4 kg for C, H and M, respectively).

Tables 5 and 6 show the analysis of variance and least squares means for reproductive traits. There were significant between breed differences for all traits. For F, C differed from M but not from H, whereas H and M did not differ. All breeds differed from each other in

Table 3 - Analysis of variance greasy fleece weight (GFW), scouring yield (Yld), clean fleece weight (CFW) and fibre diameter (FD).

Effect	Ndf	-----GFW-----			-----Yld-----			-----CFW-----			-----FD-----		
		Ddf	F-val.	P>F	Ddf	F-val.	P>F	Ddf	F-val.	P>F	Ddf	F-val.	P>F
Breed	2	76	37.9	<0.01	76	8.88	<0.01	76	22.6	<0.01	76	50.4	<0.01
Age	2	143	0.13	0.88	148	1.43	0.24	143	0.03	0.97	148	0.29	0.75
RS	2	143	2.80	0.06	148	0.86	0.43	143	3.37	0.04	148	5.18	<0.01
Year	4	143	31.1	<0.01	148	10.5	<0.01	143	25.0	<0.01	148	8.55	<0.01
Breed*RS	4	143	9.16	<0.01				143	5.28	<0.01			
Residual			-----0.18-----			-----14.6-----			-----0.13-----			-----2.76-----	

RS: previous season reproductive status; Ndf: numerator degrees of freedom, Ddf: denominator degrees of freedom.

Table 4 - Least squares means (standard errors) for greasy fleece weight (GFW), yield (Yld), clean fleece weight (CFW) and fibre diameter (FD).

Effect - Level	GFW	Yld	CFW	FD
-----Breed-----				
Corriedale	4.62 (0.17)	77.1 (1.23)	3.55 (0.14)	30.2 ^a (0.56)
Highlander	3.32 ^a (0.18)	81.2 ^a (1.22)	2.70 ^a (0.15)	33.8 ^b (0.56)
Milchschaf	3.17 ^a (0.28)	81.0 ^a (1.38)	2.55 ^a (0.24)	35.4 ^c (0.63)
-----Age ^A -----				
~ 2 years	3.64 (0.26)	81.4 (1.75)	2.91 (0.22)	33.5 (0.78)
~ 4 years	3.72 (0.17)	79.3 (1.07)	2.93 (0.14)	33.0 (0.48)
> 4 years	3.75 (0.17)	78.8 (1.01)	2.96 (0.14)	33.0 (0.46)
-----RS-----				
FRC	3.89 ^{ab} (0.61)	82.9 (3.99)	3.18 ^{ab} (0.51)	35.5 ^a (1.78)
NL	3.83 ^a (0.17)	78.8 (1.31)	3.01 ^a (0.14)	32.7 ^a (0.59)
L	3.40 ^b (0.17)	77.7 (1.12)	2.61 ^b (0.15)	31.3 (0.51)
-----Year-----				
2015	3.32 ^{abcd} (0.46)	77.0 ^{abc} (3.12)	2.55 ^{abc} (0.39)	29.2 ^b (1.39)
2016	3.88 ^a (0.31)	81.7 ^a (1.86)	3.13 ^a (0.26)	34.7 ^a (0.83)
2017	4.10 ^b (0.32)	83.4 ^b (2.02)	3.39 ^b (0.27)	34.7 ^a (0.90)
2018	4.40 ^c (0.33)	77.2 ^c (2.10)	3.32 ^b (0.28)	34.9 ^a (0.94)
2019	2.82 ^d (0.34)	79.8 ^c (2.30)	2.28 ^c (0.29)	32.2 ^b (1.02)

^AAge at lambing; RS: previous season reproductive status (FRC: first reproductive cycle in the experiment; NL: second or greater reproductive cycle, not lambing; L: second or greater reproductive cycle, lambing). Between levels for each source of variation, least squares means without a common superscript differ significantly ($P < 0.05$).

LS. In the case of NLB and NLW, C differed from H and M, but the latter two did not differ from each other ($P = 0.34$ and $P = 0.30$ for NLB and NLW, respectively).

Tables 7 and 8 show the analysis of variance and least squares means for lamb traits. There were significant between breed differences in BW and WW but not for Surv. For BW, H differed from MxC but not from the other breeds, whereas M differed from both HxC and MxC, and the latter two breeds differed from each other. In the case of WW, there were no significant differences between H and M, or between HxC and MxC, whereas the former two breeds differed from the latter two.

Gross margins

Table 9 shows the gross margins for C, H and M for a range of scenarios. Base production and reproduction values correspond to the least squares means estimated in the present study. In addition to calculating gross margins with those values, we allowed for the fact that heavier H and M ewes would have greater feed requirements than C ewes, and also for the fact that M is a dairy breed. NLW in C was lower than in other studies (GANZÁBAL et al., 2001; RAMOS et al., 2021), so we also conducted calculations assuming a greater, achievable, value. At weaning lamb weights were below those that fetch the highest prices.

Table 5 - Analysis of variance of reproductive traits: fertility (F), litter size (LS), number of lambs born (NLB) and weaned (NLW).

Effect	Ndf	-----F-----			-----LS-----			-----NLB-----			-----NLW-----		
		Ddf	F-val.	P>F	Ddf	F-val.	P>F	Ddf	F-val.	P>F	Ddf	F-val.	P>F
Breed	2	75	3.94	0.02	72	22.2	<0.01	75	20.9	<0.01	75	9.20	<0.01
Age	3	154	0.37	0.78	119	3.00	0.03	154	2.23	0.09	148	0.63	0.59
Year	4	154	2.44	0.05	119	1.29	0.28	154	2.87	0.02	148	1.52	0.20
Residual			-----0.12-----			-----0.30-----			-----0.55-----			-----0.64-----	

Ndf: numerator degrees of freedom; Ddf: denominator degrees of freedom.

Table 6 - Least squares means (standard errors) for reproductive traits: fertility (F), litter size (LS), number of lambs born (NLB) and weaned (NLW).

Effect - Level	F	LS	NLB	NLW
-----Breed-----				
Corriedale	0.78 ^a (0.07)	1.08 ^a (0.14)	0.81 (0.15)	0.73 (0.14)
Highlander	0.87 ^{ab} (0.06)	2.06 ^b (0.12)	1.79 ^a (0.13)	1.31 ^a (0.11)
Milchscharf	0.98 ^b (0.06)	1.67 ^c (0.13)	1.62 ^a (0.15)	1.15 ^a (0.14)
-----Age ^A -----				
~ 2 years	0.92 (0.12)	1.44 ^{ab} (0.22)	1.29 (0.26)	0.88 (0.25)
~ 3 years	0.83 (0.07)	1.42 ^a (0.14)	1.10 (0.17)	1.01 (0.16)
~ 4 years	0.86 (0.06)	1.62 ^a (0.11)	1.40 (0.13)	1.10 (0.13)
> 4 years	0.89 (0.05)	1.94 ^b (0.09)	1.72 (0.11)	1.26 (0.10)
-----Year-----				
2015	0.80 ^a (0.05)	1.74 (0.09)	1.44 ^{ab} (0.10)	1.10 (0.10)
2016	0.96 ^b (0.05)	1.79 (0.10)	1.72 ^a (0.11)	1.29 (0.11)
2017	0.86 ^{ab} (0.07)	1.60 (0.14)	1.35 ^b (0.16)	1.09 (0.16)
2018	0.79 ^{ab} (0.09)	1.52 (0.18)	1.18 ^b (0.20)	0.84 (0.20)
2019	0.96 ^{ab} (0.11)	1.38 (0.20)	1.33 ^{ab} (0.25)	0.99 (0.26)

^AAge at lambing. Between levels for each source of variation, least squares means without a common superscript differ significantly ($P < 0.05$).

We estimated the cost of finishing lambs to those greater weights and calculated the corresponding gross margins.

DISCUSSION

Production and reproductive performance

The results for wool production are consistent with the background of the three breeds involved in this study. C has been a traditional dual purpose breed, H was developed emphasizing meat production, whereas M is a recognized meat and dairy breed. Wool production was superior in C than in H and M, both in quantity and quality (Table 4). Our results

for wool production in C and M were in remarkable agreement with those of GANZÁBAL et al. (2012).

Before mating and after shearing H and M ewes did not differ in live weight ($P = 0.22$ and 0.4 , respectively) and were heavier than C ewes ($P < 0.01$). One may anticipate greater feed requirements among the heavier breeds, which in turn would result in the need to run fewer ewes per unit area in grazing conditions (SPEDDING, 1965). After weaning, H and M were heavier than C ($P < 0.01$), but H ewes were heavier than their M counterparts ($P < 0.05$). This could be due to greater milk production among M ewes, causing them to draw more intensely upon their body reserves.

Table 7 - Analysis of variance of lamb traits: birth weight (BW), weaning weight (WW) and survival to weaning survival (S).

Effect	Ndf	-----BW-----			-----WW-----			-----Surv-----		
		Ddf	F-val.	P>F	Ddf	F-val.	P>F	Ddf	F-val.	P>F
Breed	3	269	6.57	<0.01	237	4.62	<0.01	279	1.44	0.23
Year	4	269	3.21	0.01	237	1.27	0.28	279	2.88	0.02
Birth type	2	269	84.5	<0.01				279	0.37	0.69
Birth-rearing type	5				237	28.13	<0.01			
Dam age	3	269	4.09	0.01	237	1.43	0.23	279	0.26	0.85
Birth date	5	269	7.80	<0.01						
Weaning age	5				237	18.52	<0.01			
Residual			-----0.51-----			-----16.6-----			-----0.10-----	

Ndf: numerator degrees of freedom; Ddf: denominator degrees of freedom.

Table 8 - Least squares means (standard errors) for lamb traits: birth weight (BW), weaning weight (WW) and survival (Surv).

Effect - Level	BW	WW	Surv
-----Breed-----			
Highlander	4.83 ^{ab} (0.12)	25.7 ^a (0.91)	0.87 (0.05)
Milchschaf	4.55 ^a (0.14)	26.4 ^a (1.05)	0.80 (0.06)
Highlander x Corriedale	4.18 ^b (0.17)	23.6 ^b (1.20)	0.91 (0.07)
Milchschaf x Corriedale	3.90 (0.17)	23.6 ^b (1.24)	0.89 (0.07)
-----Year-----			
2015	4.29 ^a (0.11)	29.7 (0.91)	0.99 ^a (0.05)
2016	4.27 ^a (0.13)	25.4 (0.94)	0.88 ^{bc} (0.06)
2017	4.43 ^a (0.16)	23.7 (1.55)	0.94 ^{ab} (0.07)
2018	4.46 ^a (0.18)	21.3 (1.25)	0.78 ^c (0.08)
2019	3.80 (0.22)	24.0 (1.99)	0.76 ^c (0.10)
-----Birth type-----			
1	5.32 ^a (0.13)		0.86 (0.06)
2	4.05 ^b (0.12)		0.85 (0.05)
3	3.38 ^c (0.18)		0.90 (0.08)
-----Birth-rearing type-----			
1-1		31.0 ^a (0.86)	
2-1		26.3 ^b (1.23)	
2-2		24.0 ^c (0.84)	
3-1		25.4 ^{abcd} (3.12)	
3-2		22.0 ^{cd} (1.58)	
3-3		20.3 ^d (1.32)	
-----Age ^A -----			
~ 2 years	3.72 ^a (0.29)	23.2 (1.77)	0.84 (0.11)
~ 3 years	4.22 ^{abc} (0.30)	25.0 (1.81)	0.90 (0.12)
~ 4 years	4.38 ^b (0.11)	26.0 (0.94)	0.88 (0.04)
> 4 years	4.68 ^c (0.07)	25.2 (0.77)	0.85 (0.03)

^AAge at lambing. Between levels for each source of variation, least squares means without a common superscript differ significantly ($P < 0.05$).

H and M exhibited better performance than C in all components of reproductive rate, except for F, in which case the latter breed did not differ from H

(Table 6). Results for C were similar to those reported by GANZÁBAL et al. (2012) and by PAPALEO & HOZBOR (2021), but below those obtained by some producers (SUL, 2009) and also than what has been reported in other researches (CARDELLINO et al., 1992; CARDELLINO, 1981; CARDELLINO et al., 1978; GANZÁBAL, 2014; GANZÁBAL et al., 2001; RAMOS et al., 2021). The results for NLB in M are above those of GANZÁBAL et al. (2012). KREMER et al. (2015) reviewed the work carried out with M in Uruguay and concluded that the animals of this breed introduced to Uruguay could not be considered prolific, or at least not as prolific as breeds such as Finnish Landrace. In the case of H the only other experimental report in Uruguay is that of RAMOS et al. (2021) whose results are in good agreement with ours. In Argentina, PAPALEO & HOZBOR (2021) report a LS value similar to ours, but much lower NLW due to high lamb mortality. In Chile, COX et al. (2015) report a mean NLB remarkably similar to ours. Note that in the comparison of our results with other reports, the breed effect is confounded with environmental effects specific to the location and circumstances in which the sheep are kept. Nevertheless, the comparison allows some insight regarding whether our results conform with published evidence.

H and M lambs were heavier than those born to C ewes. Note that in the latter case lambs were either HxC or MxC crosses that were generated in the context of the upgrading program of C by H and M.

Results for wool production, ewe live weights, ewe reproduction and lamb growth and survival, indicate that there would be trade offs in making a choice among the C, H and M breeds for a production system such as the one in question. Consideration of wool production and ewe live weight would result in a preference for C, whereas H and M would be favoured if the focus were on reproduction and lamb growth. An individual producer may find the physical performance of the three breeds insufficient to make a decision. In such cases the calculation of gross margins may be useful because it integrates the physical performance with product values and production costs, thus enabling a breed comparison in monetary units (CEBALLOS et al., 2021; PIRSA, 2021; ROA, 2012).

Gross margins

Table 9 summarizes the gross margins for each of the scenarios investigated. Scenario 1 assumes production values from the present study, and current market prices and production costs (Table 1). It is a 'per animal' comparison, it does not take into

Table 9 - Gross margin (GM, US\$) for Corriedale (C), Highlander (H), Milchschaaf (M) and Milchschaaf accounting for the fact that its feed requirements would be greater because it is a dairy breed (Mdairy).

Scenarios investigated (GM for best performing breed in 'bold' type)		C	H	M	Mdairy
1	Base production values and prices, per animal comparison, no allowance made for greater feed requirements in heavier ewes	3476	4800	4400	-
2	As 1, but allowing for greater feed requirements in H and M ^A	3476	3936	3740	3124
3	As 2, but NLW equal to 1.0 in C	3971	3936	3740	3124
4	As 2, but wool price for C equal to that in 2015	4027	3936	3740	3124
5	As 2, but for C, NLW equal to 1.0 and wool price equal to that in 2015	4522	3936	3740	3124
6	As 2, but finishing all lambs to 32-34 kg	4872	6135	5652	4721
7	As 3, but finishing all lambs to 32-34 kg	6083	6135	5652	4721
8	As 4, but finishing all lambs to 32-34 kg	5422	6135	5652	4721
9	As 5, but finishing all lambs to 32-34 kg	6633	6135	5652	4721
10	As 6, but no wool in H and M	4872	6274	5788	4835
11	As 7, but no wool in H and M	6083	6274	5788	4835
12	As 8, but no wool in H and M	5422	6274	5788	4835
13	As 9, but no wool in H and M	6633	6274	5788	4835

^AGreater feed requirements due to heavier ewes assuming needs are proportional to ewe liveweight^{0.75}. A further increase in feed requirements of 20 % was assumed for Mdairy.

consideration the fact that feed requirements among the breeds involved may differ depending on ewe size and productivity, as noted by COOP (1964), SPEDDING (1988, 1965) and more recently by LEWIS & EMMANS (2020, 2010). Under the assumptions made in this scenario the gross margin was greatest for H, followed closely by M, and it was lowest for C. The between breed differences were smaller when allowance was made for greater feed requirements in H and M in Scenario 2. Scenario 2 provides a more realistic basis for the breed comparison than Scenario 1. Furthermore, when the fact that M is a dairy breed was taken into account (Mdairy in table 9), the gross margin was smaller than for any other breed, including C, for all the scenarios examined.

We earlier commented that NLW for C in the present study was lower than that reported by other authors. We; therefore, investigated the impact of a greater value, namely 1.0, for NLW, as is reported in other, earlier mentioned, studies. When NLW was equal to 1.0, C outperformed the other breeds (Scenario 3). Note that in table 6 the difference in NLW between H and M was not statistically significant at the conventional 5 % level ($P = 0.3$) but the least squares means for both breeds conformed with other estimates in the literature, generally suggesting that H is more prolific than M. For that reason we used the least squares means for both breeds, H and M, assuming that they reflect their capability in terms of reproductive performance.

During recent years the price of wool produced by C has been considerably lower than in

the past, say, in 2015. Scenario 4 reflects the higher price that such wool used to enjoy, and in it, the gross margin for C was higher than for the other breeds, and also higher than in Scenario 3. Not surprisingly, when it was assumed that for C, NLW was equal to 1.0 and wool price was as in 2015, the gross margin for C was even higher (Scenario 5).

In Scenarios 1 to 5 it was assumed that lambs were sold at weaning, weighing 24 to 26 kg. Lamb price at these weights is about half the value of finished lambs at 32 to 34 kg. In Scenarios 6 to 9 we made the same assumptions as in Scenarios 2 to 5, respectively, but we also assumed that all lambs were finished to 32 to 34 kg to fetch the better price. As expected gross margins for all breeds increased, H was best in these scenarios, except in one instance (Scenario 9), where C performed best.

Wool value for H and M is normally low due to its high fibre diameter. Coupled with the light fleece weight, the result is that normally, the margin it leaves after shearing costs are deducted is small or nonexistent. In Scenarios 10 to 13 we made the same assumptions as in Scenarios 6 to 9, respectively, except that in addition we assumed that H and M were wool-less, thus eliminating shearing and treatment costs specific to wool sheep, as well as income from wool sale. Gross margins increased for H and M when it was assumed that they were wool-less for the simple fact that the cost of wool harvesting is greater than the value of the wool harvested. In these circumstances H outperformed the other breeds

except in Scenario 13, where C was ahead. Note that with one exception (Scenario 3), C outperformed the other breeds when the price for its wool was assumed to be higher, namely, as in 2015 (Scenarios 4, 5, 9 and 13). In Scenario 3 a higher, but achievable, value was assumed for NLW, and lambs were sold at weaning. Under the same assumptions but finishing the lambs to 32 to 34 kg, C was outperformed by H. Whereas the better reproductive performance in C is achievable (note earlier mentioned studies), wool price is beyond the producer's control, and in the case of C wool, the drop in price in recent years has deep rooted justifications (CARDELLINO & RICHERO, 2020; CARDELLINO et al., 2018; MCKINSEY & COMPANY, 2000). For that reason, a price rise of its wool to a value equal or close to that in 2015 is something unlikely to materialize in the foreseeable future. The decline in the price of coarse wool, coupled with the increase in labor costs, justifies the consideration of wool-less sheep as an option for production systems such as that one in Southern Uruguay.

The rate of attrition among the ewes of each was not presented here, it is currently the subject of another paper. It is important because it influences flock structure and replacement needs, thus having an impact on production costs. Furthermore, if culled animals are affected by disease or malformations they may have to be killed on farm or may be penalised and fetch a lower price when sold. Note; however, that there were among breed differences in this respect. In particular, M suffered from a significantly greater need for culling due to udder problems (not surprising given that it is dairy breed that produces milk in excess of what the lambs can suckle) and to skin tumors caused by sun damage. Those issues are consistent with reports by COSTA et al. (2019), GARCÍA et al. (2018) and KREMER et al. (2015).

CONCLUSION

Based on the range of scenarios investigated, one could envisage that the breed of choice could be like H but without wool. There are wool-less breeds, also called hair sheep, such as Australian Whites in Australia, and Katahdin in the USA, that could serve this purpose. A rigorous evaluation of these and other wool-less breeds of sheep could yield valuable results for small sheep farmers in Southern Uruguay, but at the present moment, H appears as the best option among the breeds evaluated, situated well ahead of C and M, the current predominant breeds in that region. These conclusions could be applicable to other temperate

regions of Latin America where similar production systems exist or could be developed.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was supported by the National Agency for Research and Innovation (acronym in Spanish: ANII) [grant numbers POS_NAC_2016_1_130961, POS_NAC_2016_1_130155] and University of the Republic's Postgraduate Academic Committee (acronym in Spanish: Udelar, CAP) [grant numbers BFPD_2020_1#40502771, BFPD_2019_1#38513029] through the doctoral fellowships awarded to Washington Bell and Ana Laura Sánchez.

We would like to thank: Santiago Cayota, Gabriel Ciappesoni, Andrés Ganzábal and Wilfredo Zamit from INIA; Daniel Castells, Ignacio Abella, Lucía Goldaraz and Sofía Salada from SUL; Martín Garicoits from Frileck S.A.; Álvaro López, Carlos López Mazz, Carlos Batista and Mariel Regueiro from Fagro; CRS field staff Dana Montedónico and Pablo Suna were responsible for day to day flock management and support during data recording.

DECLARATION OF CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest. The funding sponsors had no role in the design of the study; in the collection, analyses, or interpretation of data; in the writing of the manuscript, and in the decision to publish the results.

AUTHORS' CONTRIBUTIONS

All authors contributed equally to the conception and writing of the manuscript. All authors critically revised the manuscript and approved of the final version.

BIOETHICS AND BIOSSECURITY COMMITTEE APPROVAL

We declare that all aspects of this manuscript referring to animal management were carried out following the Guide for the ethical production of sheep in Uruguay and with the ethical approval of all relevant agencies.

REFERENCES

- CARDELLINO, R. et al. Efecto de la época de encambrada y de la edad sobre la tasa reproductiva de ovejas Corriedale, Ideal y Merino en el Uruguay. In: **Conferencia Mundial de Producción Animal**, 4, 1978. Buenos Aires, p.566-574.
- CARDELLINO, R. **Genetic differences between sheep breeds in Uruguay**. 1981. Thesis (Master of Science), University of New South Wales, Sydney. Available from: <<https://unsworks.unsw.edu.au/bitstreams/c99039d6-9d2b-4d3d-8780-60d25f23f955/download>>. Accessed: Jun. 6, 2021. doi: 10.26190/unsworks/11666.
- CARDELLINO, R. et al. **Desempeño reproductivo, producción de lana y peso vivo en hembras Corriedale, Ideal y Merino del Uruguay**. Montevideo: Secretariado Uruguayo de la Lana, 1992. 10p. Producción Ovina, 3.

- CARDELLINO, R. et al. **El mercado de la lana y su efecto en la producción ovina uruguaya**. Montevideo: El País, 2018. 3p. El País Agropecuario.
- CARDELLINO, R.; RICHERO, R. **La producción mundial y los usos finales de lanas con diferentes diámetros**. Buenos Aires: Asociación Argentina de Criadores de Merino, 2020, 10p. Anuario Merino, 2020. Available from: <https://www.merino.org.ar/ice/wp-content/uploads/anuario_merino_2020_web.pdf>. Accessed: Mar. 18, 2022.
- CASTAÑO, J. P. et al. **Caracterización agroclimática del Uruguay 1980-2009**. Montevideo: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, 2011. 40p. Serie Técnica, 193. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/257023619_Caracterizacion_Agroclimatica_del_Uruguay_1980-2009>. Accessed: Apr. 5, 2020.
- CEBALLOS, D. et al. Análisis productivo y económico de un engorde de ovejas de refugio en noroeste de la provincia de Chubut. **Revista Argentina de Producción Animal**, v.41, n.1, p.249-289, 2021. Available from: <<https://www.aapa.org.ar/rapa/40/1Supl2021.pdf>>. Accessed: May, 18, 2021.
- COOP, I. E. Sheep nutrition and management. In: **Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production Conference**, v.24, 1964, New Zealand. p.129-148. Available from: <<https://www.nzsap.org/system/files/proceedings/1964/ab64011.pdf>>. Accessed: Jun. 5, 2020.
- COSTA, R. A. et al. High frequency of cutaneous squamous cell carcinoma in Friesian Milchschaaf sheep in Uruguay. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.39, p.251-254, 2019. Available from: <<https://www.scielo.br/pvb/a/bxVcwHVZxnKL9mqKV8Psr6B/?lang=en>>. Accessed: Jul. 8, 2021. doi: 10.1590/1678-5150-PVB-6170.
- COX, J. F. et al. Characterization of the productive performance of Highlander sheep in Southern Chile. I. Female reproductive traits. **Small Ruminant Research**, v.130, p.183-188, 2015. Available from: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921448815002631?via%3Dihub>>. Accessed Aug. 10, 2018. doi: 10.1016/j.smallrumres.2015.06.010.
- EVERETT-HINCKS, J. M. et al. Genetic parameters for lamb birth weight, survival and death risk traits. **Journal of Animal Science**, v.92, p.2885-2895, 2014. Available from: <<https://academic.oup.com/jas/article/92/7/2885/4702158>>. Accessed: Sep. 15, 2018. doi: 10.2527/jas.2013-7176.
- FOCUS GENETICS. **Highlander Maternal Sheep Breed**, 2021. Available from: <<https://www.focusgenetics.com/>>. Accessed: May, 20, 2021.
- GANZÁBAL, A. et al. **Producción ovina intensiva: La experiencia del INIA**. Montevideo: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, 2001, p.49-79. Boletín de Divulgación, 78. Available from: <<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2777/1/15630031107111643.pdf>>. Accessed: Oct. 9, 2019.
- GANZÁBAL, A. et al. **Biotipos maternos y terminales para enfrentar los nuevos desafíos de la producción ovina moderna**. Montevideo: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, 2012, p.14-18. Revista INIA, 29. Available from: <<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2082/1/18429300612184836.pdf>>. Accessed: Nov. 2, 2020.
- GANZÁBAL, A. **Impacto productivo y económico del uso de biotipos maternos en la producción de corderos**. Montevideo: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, 2014, p.152-160. Serie Técnica, 221. Available from: <http://www.inia.uy/Publicaciones/Paginas/st-221_2014.aspx>. Accessed: Dec. 19, 2019.
- GARCÍA, J. A. et al. Occurrence of squamous cell carcinoma in Milchschaaf sheep in Uruguay. **Ciencia Rural**, v.48, n.01, p.1-7, 2018. Available from: <<https://www.scielo.br/cr/a/RqHB6fBQ664J5qCVyM4ftLQ/?format=pdf&lang=en>>. Accessed: Jun. 6, 2022. doi: 10.1590/0103-8478cr20170406.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA. (INUMET), 2019. Available from: <<https://www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas/>>. Accessed: Jul. 5, 2019.
- KLEIBER, M. Metabolic turnover rate: A physiological meaning of the metabolic rate per unit body weight. **Journal of Theoretical Biology**, v.53, n.1, p.199-204, 1975. Available from: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0022519375901101>>. Accessed: Jul. 23, 2020. doi: 10.1016/0022-5193(75)90110-1.
- KREMER, R. et al. Producción de ovejas Milchschaaf en un sistema lechero en pastoreo. **Veterinaria**, v.51, n.199, p.12-23, 2015. Available from: <<http://www.scielo.edu.uy/pdf/vet/v51n199/v51n199a02.pdf>>. Accessed: Aug. 1, 2022.
- LEWIS, R. M.; EMMANS, G. C. Feed intake of sheep as affected by body weight, breed, sex, and feed composition. **Journal of Animal Science**, v.88, n.2, 467-480, 2010. Available from: <<https://academic.oup.com/jas/article-abstract/88/2/467/4740532?redirectedFrom=fulltext>>. Accessed: Sep. 4, 2021. doi: 10.2527/jas.2008-1735.
- LEWIS, R. M.; EMMANS, G. C. The relationship between feed intake and liveweight in domestic animals. **Journal of Animal Science**, v.98, n.4, skaa087, 2020. Available from: <<https://academic.oup.com/jas/article-abstract/98/4/skaa087/5810285?redirectedFrom=fulltext>>. Accessed: Sep. 4, 2021. doi: 10.1093/jas/skaa087.
- MCKINSEY & COMPANY. **Report to New Zealand woolgrowers on improving profitability**. Auckland : McKinsey & Company, 2000. 168p.
- MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA Y PESCA (MGAP). **Resultados de la encuesta ganadera nacional 2016**. Montevideo: Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, 2018. 62p.
- MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA Y PESCA (MGAP). **Anuario estadístico agropecuario 2020**. Montevideo: Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, 2021. 668p.
- MONTOSSI, F. et al. Intensification, diversification, and specialization to improve the competitiveness of sheep production systems under pastoral conditions: Uruguay's case. **Animal Frontiers**, v.3, n.3, 28-35, 2013. Available from: <<https://academic.oup.com/af/article/3/3/28/4638630>>. Accessed: Feb. 20, 2020. doi: 10.2527/af.2013-0021.
- NEL, C. L. et al. Genetic parameters and trends for lamb survival following long-term divergent selection for number of lambs weaned in the Elsenburg Merino flock. **Animal Production Science**, v.61, n.18, 1965-1981, 2021. Available from: <<https://www.publish.csiro.au/an/AN21198>>. Accessed Mar. 5, 2022. doi: 10.1071/AN21198.
- NRC. **Nutrient requirements of sheep, sixth revised ed, National Research Council**. Washington DC: The National Academies Press, 1985. 109p.
- NRC. **Nutrient requirements of beef cattle, seventh revised ed, National Research Council**. Washington DC: The National Academies Press, 2000. 249p. doi: 10.17226/9791.



- NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**, National Research Council. Washington, DC: The National Academies Press, 2001. 401p. doi: 10.17226/9825.
- NRC. **Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids**, National Research Council, Washington DC: The National Academies Press, 2007. 385p. doi: 10.17226/11654.
- PAPALEO, J.; HOZBOR, F. Datos reproductivos y productivos de cuatro razas ovinas bajo condiciones de pastoreo en la Reserva 8. **Visión Rural**, v.137, p.36-38, 2021. Available from: <<https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/9707>>. Accessed: Apr. 10. 2022.
- PIRSA. Farm gross margin and enterprise planning guide. **A gross margin template for crop and livestock enterprises**. Adelaide: Primary Industries and Regions SA, 2021. 102p.
- RAMOS, J. F. et al. Desempeño reproductivo de Corriedale, Merino Dohne, Romney Marsh, Highlander y Corriedale Pro en el litoral oeste de Uruguay. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v.29, 178-179p, 2021. Available from: <https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs_files/article/view/2952/1543>. Accessed: Jan. 10, 2022.
- ROA, A. A. **Invernada corta de corderos**: una alternativa para la integración productiva entre el área de secano y los valles irrigados. 2012. Tesis (Licenciatura), Universidad Nacional del Comahue, Neuquén.
- SAS INSTITUTE INC. **SAS® 9.4 Statements: Reference**. Cary NC : SAS Inst. Inc., 2013. 460p.
- SPEDDING, C. R. W. **Sheep production and grazing management**. London: Bailliere, Tindall & Cox, 1965. 380p.
- SPEDDING, C. R. W. **An introduction to agricultural systems**, second ed. London: Elsevier Applied Science, 1988. 189p.
- SUL. **El negocio ovino en el Uruguay, experiencias comerciales exitosas**. Montevideo: Secretariado Uruguayo de la Lana, 2009. 68p.
- VANDERICK, S. et al. Derivation of a new lamb survival trait for the New Zealand sheep industry. **Journal of Animal Science**, v.93, n.8, p.3765-3772, 2015. Available from: <<https://academic.oup.com/jas/article-abstract/93/8/3765/4701619?redirectedFrom=fulltext>>. Accessed: Jun. 18, 2021. doi: 10.2527/jas.2015-9058.

3. Production and economic evaluation of the Corriedale breed and crosses with Dohne Merino generated during the establishment of a rotational crossbreeding scheme: ewe hogget results

Corriedale (C) es la raza predominante en Uruguay, pero los precios de su lana de finura media han sido bajos. Merino Dohne (MD) ha despertado interés porque tiene atributos similares al C, pero lana más fina. Evaluamos características de lana y cuerpo de borregas cruce generadas durante el establecimiento de un cruzamiento rotacional entre C y MD. El programa se inició con 400 ovejas C. El primer año, 100 ovejas C se aparearon con carneros C y el resto con MD. La progenie de raza pura C se apareó siempre con carneros C. La progenie cruce se dividió aleatoriamente en dos grupos iguales, uno de los cuales se apareó con carneros C y el otro con carneros MD. La progenie subsiguiente se apareó con carneros de la raza opuesta a la de su padre. Utilizamos registros del desempeño de las borregas entre los años 2015 y 2020. Calculamos los márgenes brutos (MB) de cada genotipo. Las diferencias entre genotipos en la calidad de la lana no fueron significativas. Los genotipos con mayor proporción de C tuvieron mayor peso de vellón, mientras que aquellos con mayor proporción de MD tuvieron menor diámetro de la fibra. C puro tuvo el menor peso vivo pos-esquila, mientras que $\frac{1}{2}\text{MD}_{\frac{1}{2}\text{C}}$ tuvo el mayor. C puro tuvo el menor MB para los escenarios investigados (altos y bajos precios de lana, ajuste por mayor consumo de alimento en borregas más pesadas). El cruzamiento rotacional aprovecha la complementariedad entre estas dos razas, lo que permite mejorar rápidamente los ingresos procedentes de la lana de productores de C sin comprometer los atributos de producción de carne de la raza. La ventaja podría ser mayor aplicando algunas estrategias sencillas de selección.

Palabras clave: razas complementarias, doble propósito, producción de lana, calidad de la lana, margen bruto

PRODUCTION AND ECONOMIC EVALUATION OF THE CORRIEDALE BREED AND CROSSES WITH DOHNE MERINO GENERATED DURING THE ESTABLISHMENT OF A ROTATIONAL CROSSBREEDING SCHEME: EWE HOGGET RESULTS

Washington Bell^{1*}, Ana Laura Sánchez², and Raúl Ponzoni³

¹ Departamento de Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Garzón 780, Montevideo, Uruguay
<https://orcid.org/0000-0001-6961-3399>

² Departamento de Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Garzón 780, Montevideo, Uruguay
<https://orcid.org/0000-0002-6857-2027>

³ Colegio de Posgrados, Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Garzón 780, Montevideo, Uruguay
<https://orcid.org/0000-0001-8439-5828>

* Corresponding author: wbell@fagro.edu.uy

ABSTRACT

Corriedale (C) is the predominant sheep breed in Uruguay, but prices for its medium fineness wool have been low. Dohne Merino (DM) has attracted interest because it has similar attributes to C, but finer wool. We evaluated wool and body traits of crossbred ewe hoggets generated during the establishment of a rotational crossbreeding scheme between C and DM. The program started with 400 C ewes. The first year 100 C ewes were mated to C rams, and the rest were mated to DM. Purebred C progeny were always mated to C rams. The crossbred progeny was randomly divided into two equal groups, one of which was mated to C rams and the other to DM rams. Subsequent progenies were mated to rams of the opposite breed to its sire. Performance was recorded from 2015 to 2020 in the ewe hoggets. Gross margin (GM) was calculated for each genotype. Differences among genotypes for subjectively assessed wool quality traits were non-significant. Genotypes with a greater proportion of C had higher fleece weight, whereas those with a greater proportion of DM had lower fibre diameter. Pure C had the lowest post-shearing live weight whereas $\frac{1}{2}DM\text{-}\frac{1}{2}C$ had the highest. Pure C had the lowest GM for the scenarios investigated (low and high wool price, adjustment for greater feed intake of heavier hoggets). Rotational crossbreeding takes advantage of the complementarity between these two breeds, allowing a rapid enhancement of the C producers' income from wool without compromising the meat-producing attributes of the breed. The advantage could be greater by implementing some simple selection strategies.

Keywords: complementary breeds, dual purpose, wool production, wool quality, gross margin.

INTRODUCTION

The number of sheep in Uruguay has been steadily decreasing, from 25 million in 1990, to 6.34 million in 2020 (Montossi et al., 2013; MGAP, 2021). Factors such as the increment of areas occupied by agriculture, forestry, and dairy and beef cattle production, have contributed to the decline.

The Corriedale (C) breed was introduced in 1912. It has historically been the numerically most important breed in Uruguay (42% of the national flock, MGAP, 2018). In a breeding flock, its wool typically varies between 25 and 31 microns in fibre diameter. The relatively low price for wool of this fineness (Bottaro, 2013; Cardellino et al., 2018) has led producers to consider breeds with attributes similar to those of C, but that produce wool of greater value per kg (*i.e.*, of lower fibre diameter). The Dohne Merino (DM) has been featured as an alternative to address this issue. The breed was developed by the South African Department of Agriculture during the 1930s, and it was introduced to Uruguay in 2002, via Australia. The breed resulted from crossing Peppin Merino ewes with German Mutton Merino rams (McMaster, 2015). The DM is a dual-purpose breed with a good reputation as a meat and wool producer. The fineness of its wool (19 to 22 microns) constitutes an attractive feature. The latest information available indicates that DM represents about 3% of the Uruguayan flock (MGAP, 2018).

Abundant information about the performance of the DM breed has been generated in South Africa (Fourie and Heydenrych, 1983; Steinhagen and de Wet, 1986; van Wyk et al., 2008; McMaster, 2010). By contrast, the dissemination of the breed in Uruguay has not been accompanied by research on the adaptation of the breed to different areas, or on alternative breed roles. The use of the DM breed in crossbreeding programs has not been quantified and it has generally been part of an upgrading process of other breeds. The Uruguayan Wool Secretariat (SUL, for Secretariado Uruguayo de la Lana in Spanish) has conducted studies in commercial flocks, crossing DM with C and with Australian Merino (AM) (Abella and Preve, 2009; Preve and Abella, 2010). The most thorough work on the use of DM in Uruguay has been conducted by the National Institute for Agricultural Research (INIA, for Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria in Spanish) (De Barbieri et al., 2021), comparing C, $\frac{1}{2}$ DM- $\frac{1}{2}$ C, and $\frac{3}{4}$ DM- $\frac{1}{4}$ C. In broad terms, DM crosses with C have shown lower fibre diameter and fleece weight, greater lamb growth rate and carcass yield, and better reproductive

performance in $\frac{1}{2}$ DM- $\frac{1}{2}$ C. Crosses of DM with Merino show variable results, depending on the strain of the latter breed, but they have generally shown lower fleece weight, little (greater) or no difference in fibre diameter, and superior growth rate and carcass attributes.

The research approach followed to date has visualized DM as a competitor of other, already established, maternal breeds in Uruguay. The effect of different fractions of DM genes has been explored, but without proposing a sustainable, ongoing, breeding strategy (apart from upgrading and breed replacement) to capture any benefits derived from the use of DM. An alternative approach, not yet investigated, is to consider DM as complementary to existing maternal breeds, particularly C. Because C and DM have not had common ancestors for a long time, it is reasonable to anticipate that crosses between C and DM may exhibit heterosis for some economically important traits. Rotational crossbreeding between C and DM offers the possibility of capturing two-thirds of the potential heterosis (Carmon et al., 1956). It is simple to implement and could therefore be attractive to producers. It has the great virtue of positioning both breeds as complementary, not as competitors, in the endeavour of producing more profitable sheep.

The objective of the present study was to evaluate wool and body traits of ewe hoggets generated during the establishment of a rotational crossbreeding scheme between C and DM. Hogget production is one of the earliest outcomes of a crossbreeding program. Outcomes at later ewe ages will be separately reported.

MATERIALS AND METHODS

The environment and production system

The experimental work was carried out in the Bernardo Rosengrutt Experimental Station (EEBR, for Estación Experimental Bernardo Rosengrutt in Spanish), Department of Cerro Largo (32°35'62"S, 54°44'13"W). The average maximum and minimum temperatures are 23 °C in January and 12 °C in June, respectively. The average annual rainfall from 1980 to 2009 was 1238 mm, evenly distributed during the year (Castaño et al., 2011; INUMET, 2019).

The area grazed by the experimental flock in the EEBR was about 150 ha. Except during mating and lambing, breeding ewes grazed as a single management group. After weaning, progeny also grazed as a single management group. Grazing was on native pastures characterized by herbaceous vegetation of a few grass species, low dry matter yields, and marked seasonal growth. Pasture production peaks in spring and summer

when 60% of the annual dry matter production occurs (Carámbula, 1988). About 20% of the total area is occupied by sown pastures, *Avena sativa* L. (oats) and *Lolium multiflorum* (annual ryegrass), which are grazed during winter. Fifteen days before lambing, breeding ewes were given a supplement of ground rice husks at a rate of approximately 1% of live weight.

Flock management

Mating took place in autumn, from March 20 to May 10, whereas lambing was from late August to October. Rubber rings were applied to lambs at birth for tail docking, and to the scrotum in males, pushing testicles into the abdomen to induce cryptorchidism (PENRO, 2020). Lambs were marked in late October and weaned in the second half of December. Lambs were shorn after weaning to avoid fleece contamination and injuries caused during the flowering and maturing of some grass species (*Stipa* sp., common name 'flechilla'), which occurs in summer. At that stage, the male progeny was sent for slaughter or sold as trade lambs, whereas female lambs were kept as replacements.

Breeding ewes were shorn 4 to 6 weeks before the beginning of lambing in July or August, depending on weather conditions and shearers' availability. Young females (hoggets) were shorn in October when they were on average 415 days old, with 308 days of wool growth.

Breeding ewes were strategically drenched a week before mating, a week before the beginning of lambing, at lamb marking and at weaning. Ewe lambs were monitored for worm egg count

(WEC) every three weeks during summer or as deemed necessary according to prevailing weather, pasture, and sheep conditions. Ewe lambs were tactically drenched if WEC exceeded 500. Health management practices included biannual vaccinations against clostridial diseases, preventive pour-on against lice and sheep scab at shearing, preventive foot-rot baths, and control of flystrike.

Experimental animals and mating design

The experiment began with 400 breeding ewes of the C breed. In 2015, 100 of the 400 ewes were mated to C rams, whereas the rest (300) were mated to DM rams. One-half of the resulting female crossbred progeny ($\frac{1}{2}DM_ \frac{1}{2}C$) was mated to C rams, and the other half was mated to DM rams, thus initiating a rotational crossbreeding scheme. Simm et al. (2021) describe its application, whereas Carmon et al. (1956) give an account of the theory and prediction equations. This system simultaneously uses rams (or semen) of both breeds involved, so that crossbred females with a greater proportion of C genes are mated to DM rams, and vice versa. Two breeding flocks are established, one in which C rams are used, and the other one in which DM rams are used (Fig. 1). The crossbred females generated are used as replacements in the alternative flock from that in which they were born. Male progenies are not used for reproduction; in our study, they were sold as stores for slaughter, or as wethers for wool production.

C and DM rams were either purchased, donated by breeders of their respective breed

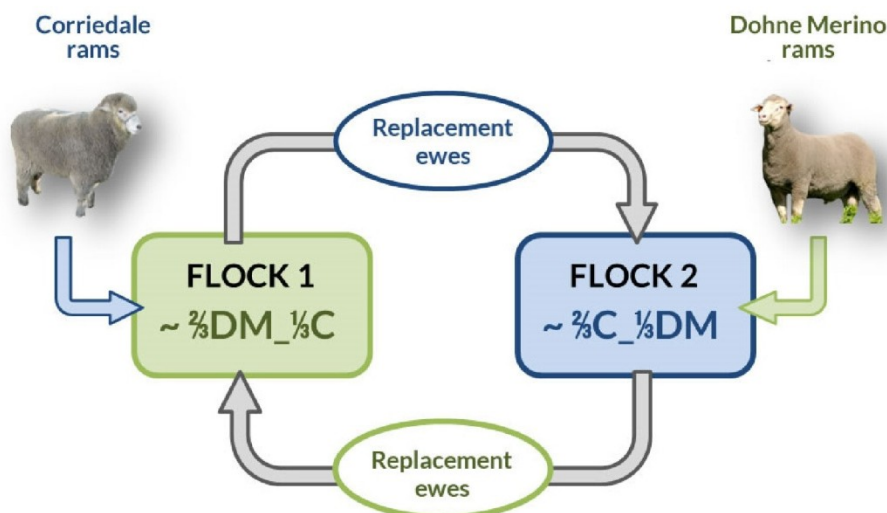


Fig. 1. Schematic representation of rotational crossbreeding between Corriedale and Dohne Merino.

societies, or obtained by exchange with another experimental station. In all instances, the rams used were approved and considered acceptable by representatives of their respective breed societies. The data analyzed in the present study were generated by 25 rams (13 C and 12 DM). Within each age group, females were randomly assigned to rams.

Data recording

Records were taken for progenies born from 2015 to 2020. Just before shearing, fleece rot (FR), wool colour (Co), wool character (Ch), and face cover (FC) were subjectively assessed using Version 2 of the Australian Visual Sheep Scores system (AWI and MLA, 2013). During shearing, greasy fleece weight (GFW) was recorded and a mid-side wool sample was taken and sent to the SUL wool laboratory for analysis and determination of scouring yield (Yld), average fibre diameter (FD), coefficient of variation of FD (CVFD), percentage of fibres with a diameter greater than 30 microns (F30) and staple length (SL). Live weight (PSLW) and conformation score (Conf; AWI and MLA, 2013) were recorded post-shearing.

Statistical analyses

The statistical model fitted to the data was as follows:

$$Y_{ijklmn} = \mu + G_i + S_j + (GS)_{ij} + Yr_k + TR_l + AoD_m + \beta(\text{AgeShrng}_{ijklmn} - \overline{\text{AgeShrng}}) + e_{ijklmn}$$

where Y is an observed value, μ is the overall mean, G_i is the effect of the i^{th} genotype, S_j is the effect of the j^{th} sire, GS is the interaction effect between G and S , Yr is the year effect of the k^{th} year of birth, TR is the effect of the l^{th} type of rearing, AoD is the effect of the m^{th} age of the dam, AgeShrng is the age at shearing of the lamb, β is the regression coefficient of the trait in question on age at shearing, and e is the experimental error. All effects were treated as fixed except S , GS , and e , which were treated as random, and AgeShrng , which was fitted as a linear covariate.

In preliminary runs two-way interactions among the fixed effects were fitted but they were deleted from the model because they were non-significant or because they could not be fitted due to missing observations in some sub-classes.

SAS 9.4 software (SAS Institute Inc., 2013) was used to perform the analyses. PROC MIXED was used in the analysis of continuous data, whereas both PROC MIXED and PROC GLIMMIX were used to analyze scores for subjectively assessed traits. There were instances in which the analyses

with PROC GLIMMIX did not converge or failed to produce sensible results due to non-positive definite matrices. When PROC GLIMMIX worked well, it produced results that were almost identical to those produced by PROC MIXED. For this reason, we present the results for scores from fitting a linear model with PROC MIXED for consistency and ease of interpretation.

Calculation of gross margins

Gross margins for each genotype were calculated following the methodology described in PIRSA (2021). Production (clean fleece weight and fibre diameter) values were based on the least squares means estimated in this study for each genotype. It was assumed that those two traits determined wool value.

Table 1 shows the assumed wool prices and variable production costs. The range in wool prices was provided by companies that currently market wool in Uruguay and by sheep production consultants (CLU, 2023; Unión de Consignatarios y Rematadores de Lana Del Uruguay, 2023). Variable costs are those that vary according to the level of production of the flock. Other costs (e.g., taxes, levies, electricity, labour) were assumed to be independent of the production level of the flock (i.e., fixed). Gross margins were calculated for each genotype for a hypothetical flock of 100 ewe hoggets. As there were some significant differences between genotypes in hogget live weight (e.g. $\frac{1}{2}\text{DM}_{\frac{1}{2}\text{C}}$ was heavier than C), we 'adjusted' the number of hoggets of all crosses to a stocking pressure equivalent to that of 100 C hoggets by assuming that hogget feed intake was proportional to $\text{PSLW}^{0.75}$ (Kleiber, 1975).

A SAS script (available from the senior author) was developed to perform the calculations. It can be used to explore scenarios other than those examined in the present study.

RESULTS

Table 2 shows descriptive statistics for all the traits recorded as well as details of the scoring system used for subjectively assessed traits.

For the presentation of the results and their subsequent discussion, we mainly focus on differences among genotypes. Other effects are not commented, except when they are of relevance to the genotype evaluation. Tables 3 and 4 show the analysis of variance and the least squares means, respectively, for wool and body traits subjectively assessed before (FR, Co, Ch, FC) or after shearing (Conf). There were no significant differences among genotypes for FR, Co, and Conf, but there were for Ch and FC. Genotypes with a greater proportion of DM genes

Table 1. Wool prices and variable production costs in United States of America dollars (US\$).

Item	Value (US\$)											
Assumed fibre diameter (μm) for each genotype**	5/8DM_3/8C		5/8C_3/8DM		3/4DM_1/4C		3/4C_1/4DM		1/2DM_1/2C		C	
	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High
Low and high wool prices for each genotype												
Clean wool (US\$/kg)	5.50	7.47	4.70	6.63	6.70	7.52	4.50	6.41	4.80	6.91	3.00	4.61
Variable cost												
Shearing, conditioning, bagging (US\$/animal)	2.50		2.50		2.50		2.50		2.50		2.50	
Wool packs (US\$/kg of wool harvested)	0.0625		0.0625		0.0625		0.0625		0.0625		0.0625	
Vaccines (US\$/animal)	0.33		0.03		0.03		0.03		0.03		0.03	
Anthelmintics (US\$/animal)	0.60		0.60		0.60		0.60		0.60		0.60	
Dipping, lice, fly strike treatments (US\$/animal)	1.44		1.44		1.44		1.44		1.44		1.44	

* Crossbred ewe hoggets with different proportions of Corriedale (C) and Dohne Merino (DM), and purebred C.

** Based on least squares means (Table 6).

had a lower Ch score, indicating greater crimp definition. Genotypes with a greater proportion of C genes had a greater FC score, indicating the presence of more wool on their face.

Tables 5 and 6 show the analysis of variance and least squares means, respectively, for objectively measured wool and body traits. There were significant differences among genotypes for all traits. For GFW, Yld, CFW, FD, CVFD, and F30 genotypes with a greater proportion of C had higher values. The pattern for PSLW is less clear. Pure C had the lowest value, but it did not significantly differ from the other genotypes, except for $\frac{1}{2}$ DM_ $\frac{1}{2}$ C. The latter genotype had the highest value but it only differed significantly from C and $\frac{3}{4}$ DM_ $\frac{1}{4}$ C.

Table 7 shows the gross margins for each genotype assuming a flock size of 100 ewe hoggets. Gross margins varied across genotypes and wool prices. When no adjustment was made for the greater intake of heavier animals, $\frac{3}{4}$ DM_ $\frac{1}{4}$ C ewe hoggets had the greatest GM at a low wool price, whereas $\frac{1}{2}$ DM_ $\frac{1}{2}$ C had the greatest GM at a high wool price. The GMs of $\frac{5}{8}$ DM_ $\frac{3}{8}$ C and $\frac{3}{8}$ C_ $\frac{5}{8}$ DM were similar to each other for both low and high wool prices. Purebred C had the lowest GM at both low and high wool prices. When adjustment was made for the greater intake of heavier hoggets, the pattern remained unchanged, GMs were slightly reduced in the crosses, but they remained well above that for C.

DISCUSSION

Wool production and body traits

The results for wool production are consistent with the background of the breeds involved in this study. C and DM are dual-purpose breeds that produce fibre of widely different diameters, but both breeds have years of selection on traits such as FR and Co, hence the non-significant differences among genotypes for these traits. The differences found for Ch, where genotypes with a greater proportion of C had higher scores, are consistent with the fact that greater fibre diameters are generally associated with a less defined crimp (Doyle et al., 2021) (Tables 4 and 6).

Purebred C had the highest score for FC, followed by genotypes with a higher proportion of C. The opposite was true for genotypes with a higher proportion of DM. This observation is consistent with the standard of each breed, where some degree of FC is sought in C, whereas fully open faces are favoured in DM (SCCU, 1952; ADBA, 2018; Gimeno et al., 2019). The FC score observed in both C and its crosses with DM in the present study is unlikely to require wiggling in many individuals, which would entail an

Table 2. Descriptive statistics: number of observations (N), simple mean, minimum and maximum, standard deviation (σ) and coefficient variation (CV, %).

	N	Mean	Min	Max	σ	CV
<i>Pre-shearing subjectively assessed wool quality and body traits *</i>						
Fleece rot (FR)	843	2.54	1.00	5.00	1.31	51.7
Wool colour (Co)	843	2.97	1.00	5.00	0.69	23.2
Wool character (Ch)	843	2.91	1.00	5.00	0.99	33.9
Face cover (FC)	727	3.01	1.00	5.00	0.78	25.8
<i>Objectively measured wool quality traits</i>						
Greasy fleece weight (GFW, kg)	847	2.82	1.35	4.85	0.66	23.5
Scouring yield (Yld, %)	846	75.5	58.1	92.6	4.63	6.13
Clean fleece weight (CFW, kg)	846	2.12	1.07	3.70	0.48	22.8
Fibre diameter (FD, μ m)	846	21.7	15.6	30.5	2.20	10.1
Coefficient of variation (CV) of FD (CVFD, %)	846	22.7	14.3	32.9	3.17	14.0
Percentage of fibres greater than 30 μ m in diameter (F30)	846	6.47	0.10	46.5	6.56	101
Staple length (SL, cm)	846	8.89	5.50	14.5	1.52	17.1
<i>Post-shearing objectively measured or subjectively assessed body traits</i>						
Live weight (PSLW, kg)	844	33.7	20.0	64.5	7.22	21.7
Conformation* (Conf)	728	1.76	1.00	5.00	1.12	69.7

* Based on the scoring system of the Australian Wool Innovation and Meat and Livestock Australia, Visual Sheep Scores (AWI and MLA, 2013).

Fleece rot score: 1 = no bacterial colouring or staining, ..., 5 = band of crusting > 5 mm wide with or without bacterial staining; wool colour: score: 1 = the brightest white wool, ..., 5 = yellow; wool character score: 1 = well-defined crimp along the entire length of the staple, ..., 5 = large areas of 'flat' wool lacking in crimp definition; face cover score: 1 = open face with no wool on the jowls or top of the head, ..., 5 = wool covering the entire face; conformation (based on shoulder/back score): 1 = angular shoulders and straight back between the top of the shoulder blades and hips, ..., 5 = shoulder blades that sit above (or below) the spine to create an extremely 'dipped' backline.

additional cost. Assuming that only those with a score of 5 would require wiggling, this category represented about 5% of the recorded sheep, out of which there were approximately twice as many purebred C when compared to DM crosses.

The results for the objectively assessed wool traits were also consistent with the background of both breeds. The lower GFW and CFW of genotypes with a greater proportion of DM reflect the historically defined breeding objective for the breed (McMaster, 2016; ADBA, 2023). In DM breeding, a balance was sought between clean fleece weight and live weight, in which the favoured ratio between these two variables (expressed as wool production potential, WPP%, Herselman et al., 1998) was 5 to 6%. In our case, the ratio CFW/PSLW (Table 6) for the genotype with the greatest proportion of DM ($\frac{3}{4}$ DM- $\frac{1}{4}$ C) was 5.6%, well within the above-mentioned range. By contrast, it was 7% for purebred C. The pursuit of a 5 to 6 WPP% in DM provides a plausible explanation for its lower GFW and CFW compared with other Merino strains bred without that constraint (Van der Merwe et al., 2020), or with C (De Barbieri et al., 2021). The latter study reports the upgrading of C by

DM, where the reduction of fleece weight as the proportion of DM increased is evident. Yld decreased in the same manner.

The values for FD, CVFD, and F30 were lower for genotypes with a greater proportion of DM. In contrast with fleece weights, this constitutes an advantage because lower values are associated with better processing performance and product quality (*i.e.*, comfort when a garment is worn directly on the skin) (Schlink, 2017; Cardellino and Trifoglio, 2022; Mamani-Cato et al., 2022). These features associated with lower FD are the reason for the higher prices paid for finer wools.

Genotype $\frac{1}{2}$ DM- $\frac{1}{2}$ C had the highest PSLW, but it only differed significantly from C and $\frac{3}{4}$ DM- $\frac{1}{4}$ C. Pure C had the lowest value, but it did not significantly differ from the other genotypes, except for $\frac{1}{2}$ DM- $\frac{1}{2}$ C. De Barbieri et al. (2021) report that genotype $\frac{3}{4}$ DM- $\frac{1}{4}$ C had the highest live weight, slightly ahead of $\frac{1}{2}$ DM- $\frac{1}{2}$ C, but both were well above pure C. Although not in perfect agreement, De Barbieri's and our study confirm that crossing C with DM will improve growth rate and live weight. We found no significant differences among genotypes in subjectively assessed Conf. However, in a thorough examination of carcass

Table 3. Analysis of variance for subjectively assessed wool and body traits^{*}: fleece rot (FR), wool colour (Co), wool character (Ch), face cover (FC), and conformation (Conf).

Effect	FR			Co			Ch			FC			Conf		
	Ndf	Ddf	F-val. p > F	Ndf	Ddf	F-val. p > F	Ndf	Ddf	F-val. p > F	Ndf	Ddf	F-val. p > F	Ndf	Ddf	F-val. p > F
Genotype	5	26	0.95	0.47	5	26	0.80	0.56	<.01	5	26	9.34	5	26	0.61
Year of birth	5	751	14.0	<.01	5	751	0.94	0.45	<.01	4	640	27.6	4	641	191
Rearing type	1	751	2.51	0.11	1	751	4.66	0.03	0.81	1	640	1.43	1	641	0.32
Age of dam	3	751	0.65	0.58	3	751	1.43	0.23	0.04	3	640	1.13	3	641	0.88
Age of shearing	1	751	3.10	0.08	1	751	1.39	0.24	0.12	1	640	2.12	1	641	0.10
Residual		1.52				0.46			0.71			0.37			0.35

Ndf: numerator degrees of freedom, Ddf: denominator degrees of freedom.

^{*} Based on the scoring system of the Australian Wool Innovation and Meat and Livestock Australia, Visual Sheep Scores (AWI and MLA, 2013).

traits, De Barbieri et al. (2021) found that DM crosses generally outperformed pure C.

An individual sheep producer may consider that the relative physical performance of pure C and the various DM crosses is insufficient to make a decision (*i.e.*, pure C has a higher fleece weight, but the wool it produces is of greater fibre diameter and lower value; DM crosses may be heavier than pure C but that may bring about greater nutritional needs per animal). In such cases, the calculation of gross margins can be useful because it integrates physical performance, product values, and production costs, thus allowing a comparison of genotypes in monetary units (Roa, 2012; Ceballos et al., 2021; PIRSA, 2021).

Gross margins

Table 7 summarises the gross margins calculated considering the wool prices and production costs shown in Table 1. It presents values without and accounting for the likely increase in feed requirements due to the greater live weight of some genotypes. The main feature of Table 7 is that, irrespective of wool price (low or high), or whether the gross margins are not or are adjusted for the possible greater feed requirements of heavier hoggets, pure C has the lowest GM. There are differences among genotypes with different proportions of DM, but these are smaller than between C and any other genotype. Because DM crosses were heavier than C, their advantage over the latter genotype was reduced when the adjustment for their greater live weight was made. However, the reduction was small and the advantage over C remained substantial.

In practical terms, this means that a sheep producer using a rotational crossbreeding scheme between C and DM should expect an increase in the GM resulting from ewe hoggets right from the beginning of the program. Note that in our calculations we assumed that C wool could be sold, albeit at a lower price than finer wools. Fibre diameter is likely to increase with age; in our experimental flock at the EEER adult C ewes have an average FD of about 28.4 microns. During the past few seasons, wool of that fineness has been, at best, extremely difficult to market, and some producers have a backlog of unsold wool (El Observador, 2022; Aldabe, 2023). This scenario would exacerbate the difference in GM between DM crosses and C because unsold wool represents a net loss for the producer. Note that although the FD of wool from DM crosses will also increase with age (*i.e.*, to 23.5 microns in our EEER); it is more likely to remain within a marketable range.

Table 4. Least squares means (standard errors) for subjectively assessed wool and body traits^{*}: fleece rot (FR), wool colour (Co), wool character (Ch), face cover (FC), and conformation (Conf).

Effect - Level	FR	Co	Ch	FC	Conf
<i>Genotype**</i>					
5/8DM_3/8C	2.30 (0.33)	2.76 (0.19)	2.28a (0.24)	2.68c (0.17)	1.70 (0.16)
5/8C_3/8DM	2.48 (0.35)	3.14 (0.20)	2.60ab (0.25)	3.18ab (0.18)	1.69 (0.17)
3/4DM_1/4C	2.56 (0.15)	2.94 (0.09)	2.66a (0.13)	2.70c (0.09)	1.75 (0.06)
3/4C_1/4DM	2.47 (0.15)	2.95 (0.09)	3.04b (0.13)	3.12b (0.09)	1.73 (0.06)
1/2DM_1/2C	2.51 (0.13)	2.93 (0.07)	3.15b (0.11)	2.88bc (0.08)	1.63 (0.06)
C	2.24 (0.13)	2.85 (0.08)	3.07b (0.11)	3.43a (0.08)	1.63 (0.06)
<i>Year of birth</i>					
2015	2.93ad (0.20)	2.78 (0.11)	2.81a (0.16)	3.45a (0.12)	3.67 (0.10)
2016	1.94bc (0.21)	2.88 (0.12)	2.98ab (0.16)		
2017	2.60ad (0.17)	2.89 (0.09)	2.81a (0.13)	3.22b (0.09)	1.74 (0.08)
2018	2.86a (0.19)	3.04 (0.11)	2.94a (0.14)	3.23ab (0.10)	1.01a (0.09)
2019	1.79b (0.15)	2.92 (0.08)	1.94 (0.12)	2.51c (0.08)	1.04a (0.07)
2020	2.42cd (0.15)	3.05 (0.09)	3.32b (0.12)	2.58c (0.08)	0.96a (0.07)
<i>Rearing type</i>					
1	2.53 (0.11)	3.01a (0.06)	2.79 (0.09)	3.04 (0.06)	1.71 (0.04)
2	2.32 (0.16)	2.85 (0.09)	2.81 (0.12)	2.96 (0.09)	1.67 (0.07)
<i>Age of dam</i>					
2 years	2.49 (0.13)	2.84 (0.07)	2.88a (0.10)	3.02 (0.07)	1.69 (0.06)
3 years	2.40 (0.14)	2.93 (0.08)	2.91a (0.11)	3.04 (0.08)	1.64 (0.07)
4 years	2.33 (0.15)	3.00 (0.09)	2.75ab (0.12)	2.92 (0.08)	1.68 (0.07)
5 or more years	2.48 (0.15)	2.93 (0.08)	2.65b (0.11)	3.01 (0.08)	1.75 (0.07)

Between levels, for each source of variation, least squares means without a common superscript differ significantly ($p < 0.05$).

^{*} Based on the scoring system of the Australian Wool Innovation and Meat and Livestock Australia, Visual Sheep Scores (AWI and MLA, 2013).

^{**} Crossbred ewe hoggets with different proportions of Corriedale (C) and Dohne Merino (DM), and purebred C.

In general, our results were consistent with those of De Barbieri et al. (2021) and showed that despite the trade-off between C (high fleece weight but depressed wool value) and DM (low fleece weight but favourable wool value), the balance is in favour of crossing. The proposed rotational crossbreeding scheme offers the opportunity to maintain a greater GM over time. Moreover, there are ways in which the benefits derived from crossing C with DM could be increased. In our study, both C and DM rams used were approved by their respective breed associations, but not deliberately genetically selected in any other way, and there was no culling among the ewe progeny generated. The economic worth of the crossbred hoggets could be increased if C rams were selected based on breeding values predicting lower than average FD while not compromising CFW, and if, in contrast, DM rams were selected based on breeding values predicting higher than average CFW while not compromising FD. If the flock's reproductive rate was high enough to

allow culling among the ewe progeny generated, a simple selection index could be used, aimed at maximizing profit from wool sales.

Notwithstanding the benefits producers can obtain from the establishment of a rotational crossbreeding scheme between the C and DM breeds, such benefits would be greater if a source of sheep had both high fleece weight and low fibre diameter. A preliminary (and unfortunately discontinued) trial using a dual-purpose AM ram over DM ewes showed that first cross hoggets had an average greasy fleece weight 900 g heavier than purebred DM while having the same fibre diameter (17 μ m) and scouring yield (74%) (Abella, 2020). Note that this difference in fleece weight is greater than that observed between C and its crosses with DM in the present study. The AM progeny had higher live weight at weaning and as hoggets, while their carcasses had a greater eye muscle area and the same fat cover as pure DM (Abella, 2020). This means that, when crossed with C, suitable Merino sheep

Table 5. Analysis of variance for greasy fleece weight (GFW), scouring yield (Yld), clean fleece weight (CFW), fibre diameter (FD), coefficient of variation of FD (CVFD), percentage of fibres with a diameter greater than 30 µm (F30) and post-shearing live weight (PSLW).

Effect	Ndf	GFW			Yld			CFW			FD			CVFD			F30			PSLW		
		Ddf	F-val.	p > F	Ddf	F-val.	p > F	Ddf	F-val.	p > F	Ddf	F-val.	p > F	Ddf	F-val.	p > F	Ddf	F-val.	p > F	Ddf	F-val.	p > F
Genotype	5	26	10.7	<01	26	6.47	<01	26	14.9	<01	26	27.3	<01	26	6.22	<01	26	27.0	<01	26	4.15	0.01
Year of birth	5	758	149	<01	757	28.9	<01	757	108	<01	757	20.4	<01	757	12.9	<01	757	13.6	<01	752	269	<01
Rearing type	1	758	11.2	<01	757	0.88	0.35	757	12.6	<01	757	0.18	0.67	757	1.97	0.16	757	3.72	0.05	752	6.10	0.01
Age of dam	3	758	0.82	0.48	757	0.67	0.57	757	0.58	0.63	757	0.67	0.57	757	1.08	0.36	757	1.19	0.31	752	1.20	0.31
Age of shearing	1	758	5.86	0.02	757	2.75	0.10	757	7.90	0.01	757	18.8	<01	757	0.51	0.47	757	9.05	<01	752	5.06	0.02
Residual			0.13			14.6			0.08			2.44			6.92			24.1			11.6	

Ndf: numerator degrees of freedom, Ddf: denominator degrees of freedom.

may reduce FD, without entailing a loss in fleece weight and even result in a gain in that trait. This would imply that the advantages of crossing C with a fine wool genotype such as that used in Abella's (2020) work would be even greater than those identified in the present study.

CONCLUSIONS

The proposed rotational crossbreeding scheme between C and DM should be an attractive proposition for C producers. It would rapidly enhance their income from wool without altering the good meat-producing attributes of the C breed. The strategy offers an option to those producers who wish to add value to their wool and increase the profitability of their flock, without abandoning the C, a breed in which they have placed their trust for many years. The advantage could be even greater by implementing some simple selection strategies, or if a source of AM rams were found that reduced FD, without the loss in fleece weight that the use of DM entails. This work was focused on the Uruguayan sheep production scenario, but the results apply to neighboring countries such as Argentina and Chile, where C and DM are present, or southern Brazil where C has been an important breed.

SUPPORT AND ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by the National Agency for Research and Innovation (ANII, for Agencia Nacional de Investigación e Innovación in Spanish) [grant numbers POS_NAC_2016_1_130961, POS_NAC_2016_1_130155] and University of the Republic's Postgraduate Academic Committee (CAP for Comisión Académica de Posgrados, Udelar) [grant numbers BFPD_2020_1#40502771, BFPD_2019_1#38513029] through the doctoral fellowships awarded to Washington Bell and Ana Laura Sánchez.

The authors would like to thank: EEBC field staff Ignacio Sosa and Nicolás Zunino who were responsible for the day-to-day flock management and support during data recording; SUL for the wool analysis and their technicians Pedro Scremini, Lucía Goldaraz, and Juan José Lucas; Marcelo Grattarola and the Uruguayan Dohne Merino Breeders Association; the Corriedale Breeders Association; the following flocks that donated rams for the experiment Tres Árboles, La Pastoral, La Esperanza, La Empastada, Berachí, El Coraje; and Roberto Cardellino, José Luis Trifoglio and Juan Paperán for their contributions on wool market values and production costs.

Table 6. Least squares means (standard errors) for greasy fleece weight (GFW), yield (Yld), clean fleece weight (CFW), fibre diameter (FD), coefficient of variation of FD (CVFD), percentage of fibres with a diameter greater than 30 µm (F30) and post shearing live weight (PSLW).

Effect - Level	GFW	Yld	CFW	FD	CVFD	F30	PSLW
<i>Genotype*</i>							
5/8DM_3/8C	2.52a (0.10)	73.7ad (1.05)	1.85a (0.08)	20.0a (0.46)	20.9a (0.79)	2.37ab (1.40)	33.1ab (0.95)
5/8C_3/8DM	2.85b (0.10)	75.1abcd (1.08)	2.12b (0.08)	21.8b (0.47)	22.4ab (0.79)	5.35bc (1.43)	32.6ab (1.00)
3/4DM_1/4C	2.46a (0.05)	73.6a (0.51)	1.80a (0.04)	19.9a (0.26)	20.9a (0.43)	1.81a (0.72)	32.1a (0.45)
3/4C_1/4DM	2.80b (0.05)	76.2c (0.51)	2.12b (0.41)	22.0b (0.25)	23.3b (0.42)	7.23c (0.72)	32.2ab (0.45)
1/2DM_1/2C	2.80b (0.05)	75.6cd (0.44)	2.11b (0.04)	21.4b (0.23)	22.7b (0.38)	5.83c (0.64)	33.5b (0.37)
C	2.85b (0.05)	77.2b (0.45)	2.19b (0.04)	23.5 (0.23)	23.7b (0.38)	11.8 (0.64)	31.3a (0.38)
<i>Year of birth</i>							
2015	2.31a (0.07)	76.8 (0.65)	1.77a (0.05)	21.0b (0.30)	21.3a (0.50)	3.91bc (0.89)	28.5a (0.58)
2016	2.11 (0.07)	80.4 (0.68)	1.69a (0.05)	20.8b (0.30)	20.0 (0.50)	3.07b (0.91)	28.3a (0.60)
2017	2.87 (0.05)	73.8a (0.54)	2.12 (0.04)	21.6 (0.25)	21.8a (0.40)	5.34c (0.73)	28.6a (0.46)
2018	3.57 (0.06)	73.2a (0.62)	2.61 (0.05)	22.5a (0.29)	22.8 (0.45)	8.71 (0.83)	45.0 (0.52)
2019	3.08 (0.05)	73.1a (0.49)	2.26 (0.04)	22.3a (0.23)	23.6 (0.37)	8.45a (0.67)	33.7 (0.40)
2020	2.33a (0.05)	74.1a (0.51)	1.73a (0.04)	20.5b (0.24)	24.5 (0.38)	5.04abc (0.69)	30.8 (0.41)
<i>Rearing type</i>							
1	2.78a (0.04)	75.4 (0.36)	2.09a (0.03)	21.4 (0.18)	22.1 (0.28)	5.25 (0.50)	32.9a (0.29)
2	2.65 (0.05)	75.0 (0.50)	1.98 (0.04)	21.5 (0.23)	22.5 (0.37)	6.26 (0.67)	32.0 (0.43)
<i>Age of dam</i>							
2 years	2.71 (0.04)	75.6 (0.43)	2.04 (0.03)	21.3 (0.20)	22.5 (0.32)	5.63 (0.58)	32.1 (0.36)
3 years	2.68 (0.05)	75.3 (0.47)	2.01 (0.04)	21.5 (0.22)	22.5 (0.35)	6.31 (0.63)	32.2 (0.40)
4 years	2.73 (0.05)	75.0 (0.49)	2.04 (0.04)	21.4 (0.23)	22.2 (0.37)	5.75 (0.67)	32.8 (0.42)
5 or more years	2.74 (0.05)	75.1 (0.48)	2.05 (0.04)	21.4 (0.22)	22.1 (0.36)	5.32 (0.64)	32.7 (0.41)

Between levels, for each source of variation, least squares means without a common superscript differ significantly ($p < 0.05$).

* Crossbred ewe hoggets with different proportions of Corriedale (C) and Dohne Merino (DM), and purebred C.

Table 7. Gross margin (GM) in United States of America dollars (US\$) for a flock of 100 crossbred ewe hoggets with different proportions of Dohne Merino (DM) and Corriedale (C), and for purebred C.

Genotypes*	Gross margin (US\$)			
	Low wool price		High wool price	
	NA**	A	NA	A
5/8DM_3/8C	515	494	879	843
5/8C_3/8DM	492	478	901	875
3/4DM_1/4C	704	691	851	987
3/4C_1/4DM	450	440	854	836
1/2DM_1/2C	508	483	954	908
C	152	152	503	503

* Crossbred ewe hoggets with different proportions of Corriedale (C) and Dohne Merino (DM), and purebred C.

** NA: not adjusted for post-shearing live weight; A: adjusted for post-shearing live weight.

Authors' contributions

All authors contributed equally to the conception and writing of the manuscript. All authors critically revised the manuscript and approved the final version.

Bioethics and biosecurity committee approval

We declare that all aspects of this manuscript referring to animal management were carried out following the Guide for the ethical production of sheep in Uruguay and with the ethical approval of all relevant agencies.

Declaration of conflict of interest

The authors declare no conflict of interest. The funding sponsors had no role in the design of the study; in the collection, analyses, or interpretation of data; in the writing of the manuscript, and in the decision to publish the results.

LITERATURE CITED

- Abella, I. y F. Preve. 2009. Impacto de la genética Dohne Merino en una majada Corriedale. *Revista Lananoticias* N° 152:12-14. Secretariado Uruguayo de la Lana, Montevideo, Uruguay.
- Abella, I. 2020. Genética Anderson en ovejas Dohne de CIEDAG. Taller de la Sociedad de Criadores de Merino Dohne. Secretariado Uruguayo de la Lana, Montevideo, Uruguay.
- Aldabe, G. 2023. Se comercializaron 120.000 kg. de lana Corriedale. Available at: <https://palenqueagropecuario.com.uy/se-comercializaron-120-000-kg-de-lana-corriedale/> (Accessed Jun. 2, 2023).
- ADBA. 2018. Dohne. A practical guide. 2nd edition. Australian Dohne Breeders Association (ADBA), Adelaide, Australia.
- ADBA. 2023. Attributes of the Dohne Merino breed. Australian Dohne Breeders Association (ADBA), Adelaide, Australia. Available at: <https://dohne.com.au/attributes/> (Accessed Jun. 5, 2023).
- AWI, and MLA. 2013. Visual Sheep Scores, version 2. Australian Wool Innovation Limited, and Meat & Livestock Australia Limited (AWI and MLA), Sydney, Australia.
- Bottaro, M.P. 2013. El Mercado Lanero N° 1516. Secretariado Uruguayo de la Lana: Montevideo, Uruguay.
- Carámbula, M. 1988. Las pasturas de la zona norte del Uruguay. p. 5-14. In: Memoria Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Sub-tropical. Tacuarembó, Uruguay. Centro de Investigaciones Agrícolas Alberto Boerger (CIABB), Montevideo, Uruguay. Available at: <http://www.grupo-campos.org/Ix-conferencia1/> (Accessed Mar. 5, 2020).
- Cardellino, R., C. Wilcox y J.L. Trifoglio. 2018. El mercado de la lana y su efecto en la producción ovina uruguaya, *El País Agropecuario*, Montevideo, Uruguay.
- Cardellino, R. y J.L. Trifoglio. 2022. Las características del mercado lanero en la zafra 2021/22. *Anuario Merino 2022*. Asociación Argentina de Criadores de Merino, Buenos Aires, Argentina. Available at: https://www.merino.org.ar/ice/wp-content/uploads/anuario_merino_2022.pdf (Accessed Jun. 5, 2023).

- Carmon, J.L., H.A. Stewart, C.C. Cockerham, and R.E. Comstock. 1956. Prediction equations for rotational crossbreeding. *J. Anim. Sci.* 15:930-936. doi: 10.2527/jas1956.153930x.
- Castañó, J.P., A. Giménez, M. Ceroni, J. Furest y R. Aunchayna. 2011. Caracterización agroclimática del Uruguay 1980-2009. Serie Técnica N° 193. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Montevideo, Uruguay. Available at: <http://www.inia.uy/Documentos/Privados/GRAS/Caracterizacion-agroclimatica/carac-agro-2010.pdf> (Accessed Feb. 10, 2018).
- Ceballos, D., M. Villa y J. Morales. 2021. Análisis productivo y económico de un engorde de ovejas de refugio en noroeste de la provincia de Chubut. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 41:249-289.
- CLU. 2023. Operativo Lana - Zafra 22/23. Central Lanera Uruguay (CLU), Montevideo, Uruguay. Available at: <http://www.central-lanera.com.uy/sitio/seccion/2> (Accessed Jul. 3, 2023).
- De Barbieri, I., C. Viñoles, F. Montossi, S. Luzardo, and G. Ciappesoni. 2021. Productive and reproductive consequences of crossbreeding Dohne Merino with Corriedale in Uruguayan sheep production systems. *Anim. Prod. Sci.* 62:29-39. doi: 10.1071/AN20490.
- Doyle, E.K., J.W.V. Preston, B.A. McGregor, and P.I. Hynd. 2021. The science behind the wool industry. The importance and value of wool production from sheep. *Anim. Front.* 11:15-23. doi: 10.1093/af/vfab005.
- El Observador. 2022. Preocupación entre ovejeros: hay 30 millones de kilos de lana sin vender y Central Lanera dejará de comprar lotes gruesos. Available at: <https://www.elobservador.com.uy/nota/hay-30-millones-de-kilos-de-lana-sin-vender-y-central-lanera-dejara-de-comprar-lotes-gruesos-20221021151747> (Accessed Oct. 21, 2022).
- Fourie, A.J., and H.J. Heydenrych. 1983. Phenotypic and genetic aspects of production in the Dohne Merino. IV. The influence of age of the ewe on production traits. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 13:167-170.
- Gimeno, D., G. Ciappesoni y M. García Pintos. 2019. Resultados de la Evaluación Global. Anuario de la Sociedad de Criadores de Corriedale del Uruguay 2019 (SCCU), Montevideo, Uruguay. Available at: <https://www.corriedaleuruguay.com/anuarios/Anuario-Corriedale-2019.pdf> (Accessed Mar. 20, 2022).
- Herselman, M.J., J.J. Olivier, and M.A. Snyman. 1998. Studies on small ruminant breeds with inherent differences in fibre production and ewe productivity 1. Relationship between ewe productivity and wool production potential. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 28:1-8. doi: 10.4314/sajas.v28i1.44269.
- INUMET. 2019. Instituto Nacional de Meteorología. Available at: <https://www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas/> (Accessed Jul. 5, 2019).
- Kleiber, M. 1975. Metabolic turnover rate: A physiological meaning of the metabolic rate per unit body weight. *J. Theor. Biol.* 53:199-204. doi: 10.1016/0022-5193(75)90110-1.
- Mamani-Cato, R.H., E.N. Frank, A. Prieto, M.F. Castillo, N. Condori-Rojas, and M.V.H. Hick. 2022. Effect of fibre diameter, prickly factor and coarse fibre bias on yarn surface hairiness in South American camelids (SAC) fibre. *Fibers* 10:1-8. doi: 10.3390/fib10020018.
- McMaster, C. 2010. Sheep in my blood. B. Storch Total Digital Solutions, South Africa.
- McMaster, C. 2015. Birth of a breed. The Dohne Merino story. Simon Says Advertising CC, South Africa.
- McMaster, C. 2016. Celebrating 50 years since the establishment of the breed society. Available at: <https://dohne.com.au/wp-content/uploads/2016/08/CELEBRATING-50-YEARS-SINCE-THE-ESTABLISHMENT-OF-THE-BREED-SOCIETY.pdf> (Accessed Jul. 12, 2023).
- MGAP. 2018. Resultados de la encuesta ganadera nacional 2016. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), Montevideo, Uruguay. Available at: https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/encuesta_ganadera_2016_22012019.pdf (Accessed Set. 8, 2019).
- MGAP. 2021. Anuario estadístico agropecuario 2020. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), Montevideo, Uruguay. Available at: <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/datos-y-estadisticas/estadisticas/anuario-estadistico-agropecuario-2020> (Accessed Mar. 8, 2022).
- Montossi, F., I. De Barbieri, G. Ciappesoni, A. Ganzábal, G. Bancharo, S. Luzardo, et al. 2013. Intensification, diversification, and specialization to improve the competitiveness of sheep production systems under pastoral conditions: Uruguay's case. *Anim. Front.* 3:28-35. doi: 10.2527/af.2013-0021.

- PENRO. 2020. Guía para la producción ética de ovinos en Uruguay. Plan Estratégico Nacional del Rubro Ovino (PENRO), Montevideo, Uruguay. Available at: [https://www.sul.org.uy/descargas/des/Gu%C3%ADa_Para_La_Producci%C3%B3n_Etica_de_Ovinos_en_Uruguay_\(versi%C3%B3n_2020\).pdf](https://www.sul.org.uy/descargas/des/Gu%C3%ADa_Para_La_Producci%C3%B3n_Etica_de_Ovinos_en_Uruguay_(versi%C3%B3n_2020).pdf) (Accessed Aug. 18, 2022).
- Preve, F., I. Abella. 2010. Impacto productivo en sistema productivo con Merino al cruzar con Dohne. *Revista Lananoticias* N° 155:21-25. Secretariado Uruguayo de la Lana, Montevideo, Uruguay.
- PIRSA. 2021. Farm gross margin and enterprise planning guide. A gross margin template for crop and livestock enterprises. Primary Industries and Regions SA (PIRSA), Adelaide, Australia.
- Roa, A.A. 2012. Invernada corta de corderos: una alternativa para la integración productiva entre el área de secano y los valles irrigados. Tesis Licenciatura en gestión de empresas agropecuarias. Universidad Nacional del Comahue, Viedma, Río Negro, Argentina. Available at: <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/6000> (Accessed Set. 20, 2022).
- SAS Institute Inc. 2013. SAS® 9.4 Statements: Reference. SAS Inst. Inc., Cary, North Carolina, USA.
- Simm, G., G.E. Pollott, R. Mrode, R. Houston, and K. Marshall. 2021. Genetic Improvement of Farmed Animals. CABI International: Wallingford, Oxfordshire, England.
- Schlink, T. 2017. Fibre diameter, staple strength, style, handle and curvature. WOOL412/512 Sheep Production. Australian Wool Education Trust, Melbourne, Victoria, Australia.
- SCCU. 1952. Standard Universal de la raza Corriedale y su interpretación. Sociedad de Criadores de Corriedale del Uruguay (SCCU), Montevideo, Uruguay. Available at: <http://agronomia.criba.edu.ar/carreras/ia/archivos/Materias/688/2012/Clase%2008/Standard%20Corriedale%201950.pdf> (Accessed Oct. 12, 2022).
- Steinhagen, O., and P.J. de Wet. 1986. The influence of age and generation number of the Dohne Merino on different wool production traits. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 16:101-102.
- Unión de Consignatarios y Rematadores de Lana Del Uruguay. 2023. Precios promedios lana vellón superior a supra. Montevideo, Uruguay. Available at: https://zambrano.com.uy/wp-content/uploads/informes_lanas/informe_lanero.pdf (Accessed Jun. 6, 2023).
- Van der Merwe, D.A., T.S. Brand, and L.C. Hoffman. 2020. Wool production in Dohne Merino, Dormer, Merino and South African Mutton Merino lambs. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 50:881-889. doi: 10.4314/sajas.v50i6.15.
- van Wyk, J.B., J.W. Swanepoel, S.W.P. Cloete, J.J. Olivier, and G.J. Delpont. 2008. Across flock genetic parameter estimation for yearling body weight and fleece traits in the South African Dohne Merino population. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 38:31-37.

4. Discusión general

4.1. Lógica detrás del trabajo experimental en el CRS y la EEBR

Para prosperar, —con una postura extrema se podría decir para *sobrevivir*—, la producción ovina en Uruguay deberá sufrir un proceso de adaptación a las condiciones cambiantes del mercado. Los principales sistemas de producción ovina, tanto los extensivos laneros como aquellos con un objetivo carnicero, tienen características propias que requieren estrategias específicas. El número de ovinos en Uruguay ha ido disminuyendo de manera continuada, con un mínimo histórico de poco más de seis millones en 2020 (MGAP, 2021; Montossi *et al.*, 2013). Más aún, los datos preliminares de la declaración jurada 2023 muestran una reducción de casi 5 % en el último ejercicio y ubican las existencias en 5,85 millones al 30 de junio de 2023 (MGAP, 2023). La reducción del número de ovinos en Uruguay puede atribuirse a varias razones, *e. g.*, sustitución por rubros que se perciben como más rentables, falta de mano de obra especializada, abigeato, depredadores, fluctuación de precios e incertidumbre en el mercado de carne ovina (Bianchi y Fierro, 2014). Además de la reducción numérica, se han producido cambios en la distribución y naturaleza de los sistemas de producción en el país (Ganzábal, 2014).

En Uruguay, la mejora genética se ha utilizado para aumentar la rentabilidad de la producción animal a través de la incorporación de nuevas razas, de la selección dentro de razas y de los cruzamientos entre razas. Los intentos de mejora se hicieron principalmente en respuesta a preferencias del mercado, de un modo reactivo y con limitada base científica. En la actualidad tenemos la oportunidad de proceder de manera proactiva, intentando predecir de modo lógico futuros escenarios de producción y mercado, generando información que permita responder a situaciones cambiantes.

En la última década han proliferado en el sur sistemas de producción de carne ovina a pequeña escala en establecimientos familiares (MGAP, 2021). Los precios favorables de la carne ovina y la adaptación de la producción ovina en pequeñas explotaciones familiares han causado un aumento del número de ovejas y de

productores con ovejas en el sur del país. Este tipo de producción en pequeña escala explota la ventaja adicional de comercializar su producción de corderos utilizando la faena predial, con lo que obtienen un precio superior por kilogramo y evitan las fluctuaciones de precio y complejidades que requiere enviar un lote a la industria frigorífica formal. En estos sistemas de producción orientados a la producción de carne, los rasgos de reproducción y crecimiento son de vital importancia (Wall *et al.*, 2018). Debido a lo reciente de la expansión de la producción ovina en el sur del país, existe una escasez de información relativa a la comparación de razas y a la mejor elección para estos sistemas de producción. El florecimiento de la producción ovina en el sur fue la motivación para el establecimiento de la majada en el CRS y su correspondiente proyecto de investigación.

Mientras tanto, en el norte del país se han concentrado majadas de lana fina (principalmente merinos) relativamente grandes, en sistemas de producción extensivos con escasas o nulas mejoras forrajeras. En el norte y noreste conviven sistemas extensivos pero de carácter doble propósito, en los que la carne ovina tiene un peso relativo importante en los ingresos de los productores. Dichos sistemas, que utilizan razas de lanas medias (24,6-32,5 μ), hoy tienen dificultades en obtener buenos precios por sus lotes o incluso lograr vender la cosecha (Bianchi, 2023, 2022), lo cual no ocurre con las lanas finas (con aquellas de diámetro menor a 21 μ). La situación imperante del mercado ha llevado a muchos productores a considerar razas con atributos similares a los de las razas históricamente utilizadas pero que produzcan lana de mayor valor por kilogramo (*i. e.*, de menor diámetro de fibra). El enfoque de investigación seguido hasta la fecha para razas doble propósito ya presentes o que han ingresado al país las ha posicionado como competidoras de otras razas maternas ya establecidas en Uruguay. Se ha explorado el efecto de diversos cruzamientos (Ciappesoni *et al.*, 2014; De Barbieri *et al.*, 2021), pero sin proponer una estrategia de cría sostenible que permita capturar cualquier beneficio derivado del uso de estos nuevos genotipos. La creciente inviabilidad de la producción de lanas medias brinda amplia justificación a la implementación de

medidas tendientes a afinar la lana. De ahí el establecimiento en la EEBR del proyecto de cruzamiento rotacional entre Corriedale y Merino Dohne.

4.2 El trabajo experimental que generó los resultados reportados

4.2.1 CRS

En el sur del país, las razas ovinas más utilizadas son Corriedale (fácilmente disponible) y Milchscharf (promovida por el INIA). Highlander fue introducida en Uruguay más recientemente y surge como una opción adicional. En el artículo titulado «Production and economic evaluation of the Corriedale, Highlander and Milchscharf sheep breeds in Southern Uruguay» (capítulo 2) presento resultados de una evaluación de la producción de lana, reproducción y crecimiento de corderos en Corriedale, Highlander y Milchscharf, manejadas conjuntamente en un centro de investigación del sur de Uruguay.

En cuanto a la producción de lana, los resultados fueron coherentes con los antecedentes de las tres razas estudiadas (tabla 4, capítulo 2). Corriedale superó a las otras dos tanto en cantidad como en calidad de lana y es coincidente con estudios anteriores (Ganzábal *et al.*, 2012).

El peso vivo en distintos momentos del ciclo reproductivo fue mayor en las ovejas Highlander y Milchscharf que en las Corriedale, lo que hace suponer mayores requerimientos de alimento para las primeras e implicaría mantener menos animales por unidad de superficie en condiciones de pastoreo (Spedding, 1965).

En cuanto al desempeño reproductivo, Highlander y Milchscharf superaron a Corriedale en todos los componentes de la tasa reproductiva excepto en fertilidad (tabla 6, capítulo 2). Los resultados en Corriedale mostraron variabilidad en comparación con otros estudios, indicando una respuesta diferente de la raza a diversos ambientes (Cardellino *et al.*, 1991; Ganzábal, 2014; Ramos *et al.*, 2021; SUL, 2009). El número de corderos nacidos en Milchscharf fue superior a estudios anteriores (Ganzábal *et al.*, 2012), mientras que para Highlander los resultados

fueron consistentes con investigaciones previas en Uruguay y Argentina (Papaleo y Hozbor, 2021; Ramos *et al.*, 2021). Los corderos Highlander y Milchscharf fueron más pesados al destete que los nacidos de ovejas Corriedale sin diferencias en la sobrevivencia (tabla 8, capítulo 2). Nótese que, en este último caso, los corderos eran cruza de Highlander por Corriedale o Milchscharf por Corriedale que se generaron en el contexto de la absorción de Corriedale por estas dos razas.

4.2.2 EEBR

En el noreste de Uruguay, donde llevé a cabo el segundo experimento, Corriedale es una de las razas más utilizadas. En el artículo titulado «Production and economic evaluation of the Corriedale breed and crosses with Dohne Merino generated during the establishment of a rotational crossbreeding scheme: ewe hogget results» (capítulo 3), presento resultados de una evaluación de la producción y calidad de lana y rasgos de cuerpo de borregas (14 meses de edad) puras Corriedale y distintas cruza entre Corriedale y Merino Dohne, generadas durante el establecimiento del cruzamiento rotacional entre estas dos razas. Este cruzamiento pretende mejorar los ingresos por lana sin sacrificar la producción de carne.

Los resultados obtenidos en calidad y producción de lana son coherentes con los antecedentes de las razas involucradas en este estudio (tablas 4 y 6, capítulo 3). Corriedale y las cruza con Merino Dohne mostraron diferencias significativas en el diámetro de la fibra y en el peso del vellón que producen. Sin embargo, ambas razas han sido sometidas a años de selección en características como podredumbre del vellón y color, lo que explica la falta de diferencias significativas entre los genotipos en rasgos de calidad, a excepción del carácter. Las borregas Corriedale tuvieron peores puntuaciones para este rasgo, coincidente con el hecho de que animales que producen fibras de mayor diámetro generalmente tienen mechas con rizos menos definidos (Doyle *et al.*, 2021).

Las borregas Corriedale y los genotipos con mayor proporción de Corriedale obtuvieron la puntuación más alta para cobertura de lana en la cara, mientras que

los genotipos con una mayor proporción de Merino Dohne mostraron lo opuesto. Esta observación concuerda con el estándar de cada raza, *i. e.*, se busca cierto grado de lana en la cara en Corriedale, mientras que se favorecen caras completamente abiertas en Merino Dohne (ADBA, 2018; Gimeno *et al.*, 2019; SCCU, 1952).

Los resultados en producción de lana también son coherentes con los antecedentes de ambas razas. La menor producción de lana sucia y limpia en genotipos con una mayor proporción de Merino Dohne refleja el objetivo de selección históricamente definido para esta raza, que buscaba un equilibrio entre el peso del vellón limpio y el peso vivo (ADBA, 2023; McMaster, 2016). La proporción buscada entre estas dos variables (expresada como potencial de producción de lana, WPP% por su sigla en inglés, Herselman *et al.*, 1998) era del 5 % al 6 %. Esta relación se ubicó en 5,6 % para el genotipo $\frac{3}{4}$ MD- $\frac{1}{4}$ C, ubicándose dentro del rango mencionado, mientras que fue del 7 % para las borregas Corriedale. La búsqueda de ese rango de WPP% en Merino Dohne proporciona una explicación para sus menores pesos de vellón sucio y limpio en comparación con otras variedades de Merino criadas sin esa restricción (Van der Merwe *et al.*, 2020) o con Corriedale (De Barbieri *et al.*, 2021).

El diámetro de la fibra y su coeficiente de variación, así como la proporción de fibras con diámetros mayores a 30 μ m, fueron menores en los genotipos con una mayor proporción de Merino Dohne. Los valores más bajos se relacionan con un rendimiento de procesamiento superior y una mayor calidad del producto (*i. e.*, mayor comodidad cuando la prenda se usa directamente en contacto con la piel) (Cardellino y Trifoglio, 2022; Mamani-Cato *et al.*, 2022; Schlink, 2017). Estas características vinculadas a un menor diámetro explican por qué las lanas más finas obtienen precios más elevados en el mercado.

Las borregas Corriedale exhibieron el menor peso vivo, mientras que el genotipo $\frac{1}{2}$ MD- $\frac{1}{2}$ C, el más alto. Las diferencias entre los otros genotipos fueron pequeñas y, en muchos casos, no estadísticamente significativas. A pesar de que no se encuentran en total concordancia, tanto el estudio de De Barbieri *et al.* (2021) como

el mío confirman que cruzar Corriedale con Merino Dohne mejora la tasa de crecimiento y el peso vivo.

4.3 Evaluación económica de los experimentos en el CRS y la EEER

Los resultados de los dos experimentos recién discutidos indican que la elección del genotipo más adecuado para determinado sistema de producción no resulta sencilla. En condiciones intensivas, si considerara la producción de lana y el peso vivo de las ovejas, las ventajas están del lado de Corriedale. En cambio, si se prioriza la reproducción y el crecimiento de los corderos, Highlander y Milchscharf muestran un desempeño superior. En condiciones extensivas, un productor individual puede considerar que el rendimiento físico relativo de Corriedale y de las distintas cruzas con Merino Dohne es insuficiente para tomar una decisión (*e. g.*, Corriedale produjo mayor peso de vellón, pero lana de mayor diámetro de fibra y de menor valor, las borregas cruza con Merino Dohne pueden ser más pesadas que las Corriedale puras y eso puede acarrear mayores requerimientos por individuo). En estos casos, el cálculo de márgenes brutos puede ser útil porque integra el rendimiento físico con valores del producto y los costos de producción, lo que permite, así, una comparación de genotipos en unidades monetarias (Ceballos *et al.*, 2021; PIRSA, 2021; Roa, 2012). Para ambos experimentos realicé cálculos de margen bruto simulando una serie de escenarios productivos y de precios. A continuación comento los resultados económicos que se desprenden de los trabajos conducidos en cada centro experimental.

4.3.1 CRS

En la comparación de las razas puras Corriedale, Highlander y Milchscharf analicé varios escenarios en los que fui modificando los rendimientos productivos, los requerimientos, las estrategias de venta o los precios que se obtienen por los productos (tabla 9, capítulo 2). Utilizando los valores de producción obtenidos en

este estudio y los precios de mercado y costos de producción actuales obtuve una comparación por animal. En este caso, el margen bruto fue mayor para Highlander. Las diferencias entre razas fueron menores cuando tuve en cuenta las probables mayores necesidades de alimento de Highlander y Milchscharf debido a su mayor peso vivo (Coop, 1964; Lewis y Emmans, 2010, 2020; Spedding, 1965, 1988). Este segundo escenario plantea una base más realista para la comparación entre razas. Si se tiene en cuenta el hecho de que Milchscharf es una raza lechera y que por tanto, tiene mayores requerimientos (NRC, 2000; 2001; 2007), el margen bruto fue menor que para cualquier otra raza, incluida Corriedale, en todos los escenarios examinados.

Investigué también el impacto de un mayor número de corderos destetados en Corriedale (1,0) como ha sido reportado en la literatura y, en ese caso, esta raza superaba a las demás. Por otro lado, el precio de la lana producida por Corriedale ha sido considerablemente más alto en el pasado y, en una situación como esa, el margen bruto para Corriedale fue también más alto que para las demás razas. Cuando supuse un número de corderos destetados igual a 1 para Corriedale y buenos precios de la lana como en el pasado, el margen bruto para esta raza fue aún mayor.

Al explorar qué ocurriría si los corderos no se vendieran al destete (con un peso de 24 kg a 26 kg) sino terminados con 32 kg a 34 kg donde el precio que es posible de obtener podría duplicarse, los márgenes brutos de todas las razas aumentaron, siendo Highlander superior en casi todos los escenarios.

Debido al elevado diámetro de sus fibras, el valor de la lana de Highlander y Milchscharf es normalmente bajo y en la actualidad incluso no tienen mercado (Bianchi, 2022; 2023). El margen que deja la cosecha de esta lana una vez deducidos los costos es inexistente e incluso negativo. Si se supone que Highlander y Milchscharf no producen lana, se eliminan los costos de esquila y tratamientos específicos de las ovejas de lana, así como los ingresos por venta de lana. En estos casos, los márgenes brutos aumentaron para ambas razas siendo Highlander

superior en la mayoría de los escenarios. Corriedale superó a las otras razas cuando supuse que el precio de su lana era más alto y un mayor, pero alcanzable, número de corderos destetados. Mientras que el mejor rendimiento reproductivo en Corriedale es alcanzable, el precio de la lana está fuera del control del productor. En el caso de la lana Corriedale, la caída del precio en los últimos años tiene justificaciones muy arraigadas (Cardellino *et al.*, 2018; Cardellino y Richero, 2020; McKinsey and Company, 2000). Por ello, un aumento del precio de su lana hasta un valor igual o cercano al de 2015 es poco probable que se materialice en un futuro previsible.

Estos resultados podrían aplicarse a otras regiones templadas de América Latina en las que existan o puedan desarrollarse sistemas de producción similares, como lo es el sur de Brasil. Allí, la arraigada tradición lanera persiste en el imaginario de los ganaderos familiares que no parecen haber reaccionado a las señales del mercado de carne ovina. En el sur de Brasil, la ovinocultura continua centrándose principalmente en la producción y venta de lana, siendo la carne ovina un producto secundario, con el consumo propio como destino casi exclusivo (Matte y Waquil, 2021).

4.3.2 EEBR

La tabla 6 del capítulo 3 presenta los márgenes brutos que obtuve con los resultados del cruzamiento rotacional entre Corriedale y Merino Dohne. Los escenarios investigados incluyeron altos y bajos precios de la lana para la finura producida por los distintos genotipos, y considerando (o no) el aumento de requerimientos para aquellos genotipos de mayor peso vivo.

Sin importar si el precio de la lana es alto o bajo, o el ajuste para reflejar las posibles mayores necesidades de alimento en los genotipos más pesados, Corriedale obtuvo los menores márgenes brutos. Dado que las cruza con Merino Dohne eran más pesadas que las borregas Corriedale puras, su ventaja sobre estas últimas se

redujo ligeramente al tener en cuenta su mayor peso vivo. Sin embargo, esta reducción fue pequeña y la ventaja sobre el Corriedale puro se mantuvo.

En términos prácticos, esto implica que un productor que inicie un programa de cruzamiento rotacional entre Corriedale y Merino Dohne debería esperar un aumento en el margen bruto derivado de las borregas desde el inicio del programa. En mis cálculos consideré que la lana Corriedale podría venderse, aunque a un precio más bajo en comparación con las lanas de mayor finura. En las últimas temporadas, la comercialización de lanas de esta finura ha sido extremadamente difícil y algunos productores tienen un exceso de lana sin vender (Aldabe, 2023; El Observador, 2022). Esta situación aumentaría la diferencia en los márgenes brutos entre las cruas Merino Dohne y Corriedale, ya que la lana no vendida representa una pérdida neta para el productor.

En líneas generales, estos resultados coinciden con los hallazgos de De Barbieri *et al.* (2021) y demuestran que, a pesar de la disyuntiva entre Corriedale (que presenta un alto peso de vellón pero un valor de lana deprimido) y Merino Dohne (con un bajo peso de vellón, pero un valor de lana más favorable), el saldo es a favor de cruzar. El sistema de cruzamiento rotacional que propongo brinda la oportunidad de mantener un mayor margen bruto a lo largo del tiempo. Además, existen estrategias que permitirían aumentar los beneficios derivados de cruzar Corriedale con Merino Dohne. El resultado económico del cruzamiento podría incrementarse si se seleccionaran carneros Corriedale con buenos valores de cría para diámetro de fibra sin comprometer el peso del vellón y, a la vez, se seleccionaran carneros Merino Dohne con buenos valores de cría para peso de vellón sin afectar el diámetro de la fibra. Esta estrategia permitiría aprovechar, además de las diferencias raciales, la variación presente dentro de cada raza. Si la tasa reproductiva de la majada permitiera el refugio de parte de la progenie, se podría emplear un índice de selección sencillo con el objetivo de maximizar los beneficios obtenidos por las ventas de lana.

Los beneficios que observé al implementar un cruzamiento rotacional entre Corriedale y Merino Dohne, serían aún mayores si se usara una fuente de carneros que combinara un alto peso de vellón con un bajo diámetro de fibra. Un ensayo preliminar en el que se apareó un carnero Merino Australiano doble propósito (de la cabaña Anderson Rams, Australia Occidental) con ovejas Merino Dohne, obtuvo un peso de vellón sucio en las borregas 900 g más alto que las puras Merino Dohne, manteniendo el diámetro de fibra y el rendimiento al lavado (Abella, 2020). Esa diferencia en peso de vellón es mayor que la observada entre Corriedale y sus cruza con Merino Dohne en el estudio actual y no es de una magnitud que la raza Merino Dohne pueda conseguir neutralizar en unas pocas generaciones de selección. Esto indica que es posible encontrar carneros Merino que sean adecuados para cruzar con Corriedale, que no solo reduzcan el diámetro de la fibra, sino que no resulten en una pérdida de peso de vellón y que incluso puedan generar un aumento en éste. Los resultados de Abella (2020) son coherentes con los publicados por la Asociación Australiana de Criadores de Merino Dohne (ADBA, 2021). En la evaluación reportada por Abella se utilizó un carnero Merino Australiano de origen Anderson Rams y tres carneros Merino Dohne. Para varios rasgos importantes (peso de vellón sucio y limpio), el desempeño de la progenie del carnero de Anderson Rams fue superior al de los carneros Merino Dohne, así como para los índices (Dohne Plus, Dual Purpose Plus, Merino Production Plus, Fibre Production Plus y Wool Production Plus). Este conjunto de resultados sugiere que las ventajas de cruzar Corriedale con un genotipo doble propósito de lana fina podrían ser aún mayores que las que identifiqué en mi estudio usando Merino Dohne.

4.4 Recomendaciones

Basándome en los resultados obtenidos para los escenarios investigados, la raza a recomendar para los sistemas intensivos del sur del país es Highlander. El costo de cosecha de las lanas medias y gruesas es a menudo mayor que el ingreso que generan debido al descenso registrado en el precio de dichas categorías de lana.

Peor aún, hay casos en que esas lanas no se pueden comercializar. Esta situación justifica la investigación en ovinos deslanados como una opción para dichos sistemas. Conocidos como ovinos de pelo, Australian White o la raza norteamericana Katahdin, podrían ser adecuadas para este propósito. Una evaluación exhaustiva de éstas y otras razas ovinas sin lana podría proporcionar valiosos resultados para los productores de ovinos del sur de Uruguay.

En cuanto a los sistemas extensivos doble propósito del noreste, donde aún predomina el uso de Corriedale, un sistema de cruzamiento rotacional entre dicha raza y Merino Dohne debería resultar atractivo para los productores que deseen mejorar sus ingresos por lana. Dicho sistema permite una rápida disminución del diámetro de la fibra sin alterar los buenos atributos de producción de carne de ambas razas y, por tanto, capturaría los mejores precios y posibilidades de venta que gozan las lanas más finas. Esta estrategia ofrece una opción a aquellos productores que desean valorizar su lana y aumentar la rentabilidad de su majada, sin abandonar el Corriedale, raza en la que han depositado su confianza durante muchos años. La ventaja podría ser aún mayor al implementar estrategias sencillas de selección o si se usaran fuentes de carneros que reduzcan de manera similar el diámetro de la fibra sin ocasionar la pérdida de peso del vellón asociada al uso de Merino Dohne.

El trabajo que conduje en el sur y en el noreste de Uruguay, para dos sistemas de producción ovina importantes, aportó información nueva y resultados inmediatamente aplicables por los productores. Sirvió también para identificar opciones que podrían beneficiar a los productores aún más que las exploradas en mi trabajo experimental. Un seguimiento lógico del trabajo implicaría la evaluación de ovinos deslanados en el sur y de uno o más genotipos doble propósito de lana fina y alto peso de vellón en el noreste. No hay duda que la conducción de trabajo en estas áreas resultaría en información de valor. Sin embargo, si tomamos como indicación el tiempo que llevó la generación de los datos usados en mi estudio, pasarían no menos de cinco años antes que pudiésemos formular recomendaciones a los productores (el trabajo experimental que conduje en el sur y en el noreste

comenzó en 2015). Puede ser tarde para algunos productores que necesitan la información ahora y las circunstancias pueden haber cambiado. La dificultad surge debido al modo reactivo con que se ha conducido la investigación en recursos genéticos ovinos en el país. Los primeros en reaccionar son los productores, a menudo tomando decisiones sin basarse en información científica, sino en opiniones e información circunstancial. De modo general, los investigadores reaccionan después, a menudo implementando emprendimientos con limitaciones de diseño y de número de animales, generando información pero de forma tardía. Es el caso del presente trabajo experimental en el CRS y la EEER: diría que hubiese sido muy útil contar con la información una década atrás, muchos productores se habrían beneficiado de ella.

¿Qué hacer para remediar este problema de atraso en la generación de información sobre recursos genéticos ovinos? La investigación en recursos genéticos debería contar con un marco lógico que incluyese las áreas de estudio que detallo a continuación: i) identificación de sistemas de producción ovina en la actualidad; ii) probables cambios en esos sistemas y predicción de cuáles serían los futuros; iii) razas usadas en los sistemas actuales (en forma pura y en cruzamientos); iv) innovaciones en el uso de las razas disponibles actualmente en los sistemas de producción vigentes y v) evaluación de nuevas razas para los actuales y futuros sistemas de producción.

Estructurada de este modo, la investigación en recursos genéticos se podría adelantar a las necesidades de los productores y permitiría contar con información temprano, a tiempo para tomar informadas decisiones de cambio en cuanto ello resulte necesario.

La elaboración de los puntos recién mencionados escapa a los objetivos de esta tesis. Quiero, sin embargo, referirme brevemente al último punto, la evaluación de nuevas razas para los actuales y futuros sistemas de producción, porque cae dentro del área de mi especialidad como genetista animal. En la sección 1.3 presenté la teoría estadística y resultados de su aplicación en la determinación del número

necesario de animales en comparaciones entre razas. Reitero que esas son las consideraciones que tradicionalmente se han hecho y suponen que no existe información anterior acerca del desempeño de las razas en cuestión.

Desde el año 1995, INIA y SUL conducen evaluaciones genéticas poblacionales en la mayoría de las razas ovinas presentes en Uruguay (Ciappesoni *et al.*, 2011; Ciappesoni *et al.*, 2014; INIA y SUL, 2023). El esfuerzo hecho por los criadores y las instituciones que conducen las evaluaciones genéticas en la registración de genealogía y de rasgos de interés es muy grande. Actualmente participan 105 cabañas y el último año se evaluaron 16.800 corderos de la generación 2022 (~20 % de las cabañas participantes son de razas carniceras y ~80 % de razas laneras) (Ana Guillenea, comunicación personal, 30 de enero de 2024). La propuesta que sigue intenta capitalizar ese esfuerzo, obtener comparaciones confiables entre las razas presentes y establecer un proceso lógico de evaluación de razas y genotipos que se consideren promisoras.

En Uruguay las evaluaciones genéticas de ovinos se conducen estrictamente dentro de cada raza, de modo que existe abundante información acerca del desempeño de las razas participantes, pero no es posible, en la actualidad, comparar las razas. Para poder comparar las razas se necesita un vínculo, una conexión del desempeño en un ambiente común que permita una comparación no sesgada entre razas. El proyecto australiano *Multirrazas del sur* (SMB, del inglés Southern Multi Breed Project; Donoghue *et al.*, 2021; Moore *et al.*, 2023; NSW, 2023; Walkom *et al.*, 2021; Walmsley *et al.*, 2019, 2023) provee un ejemplo de cómo se podría proceder para tornar comparable la información de diversas razas generada por las evaluaciones genéticas poblacionales.

El proyecto SMB incluye las razas de bovinos de carne Angus, Brahman, Charolais, Hereford, Shorthorn y Waygu. En términos sencillos, sin entrar a los detalles estadísticos, muestras de dichas razas se crían juntas en cinco estaciones experimentales ubicadas en diferentes localidades del estado de Nueva Gales del Sur en Australia. La cría y desarrollo de los animales de diferentes razas en un

ambiente común en cada estación experimental provee la conexión que permite efectuar una comparación no sesgada entre razas. No todas las razas están presentes en todas las estaciones experimentales, pero una de ellas (Angus) está presente en todas brindando la conexión entre estaciones experimentales, mientras que Brahman genera la conexión entre el proyecto SMB con otro proyecto similar que evalúa razas bovinas tropicales en el norte de Australia.

En el proyecto SMB se usa el programa MateSel (Kinghorn, 2011; Kinghorn y Shepherd, 1999; Walkom *et al.*, 2021) para manejar la consanguinidad y asegurar la conexión entre las estaciones experimentales y entre años. El proyecto comenzó en 2019 e irá hasta 2025. Hasta agosto de 2023 se habían generado 4.886 terneros (y se esperan 1.990 para el siguiente año), producidos por 416 toros diferentes de las seis razas involucradas en las cinco estaciones experimentales del SMB. Se han recogido más de 84.000 fenotipos individuales (NSW, 2023; Walmsley *et al.*, 2023). En anexos presento una tabla con el diseño del proyecto SMB.

El diseño del proyecto SMB puede adaptarse a razas ovinas en Uruguay, que cuenta con numerosas estaciones experimentales distribuidas en su territorio. Se requeriría una agrupación de sistemas de producción y razas. A modo de ejemplo, encarando en primer lugar las razas usadas en un papel materno, en el norte se podrían establecer majadas de conexión para las razas Merino Australiano, Merino Dohne, Ideal, Merilin, genotipos Merino doble propósito. En el noreste, las majadas de conexión podrían incluir Corriedale, Merino Dohne, Merilin, genotipos Merino doble propósito. En el sur se ubicarían Corriedale Pro, Highlander, Merilin Plus y Milchschaft.

Las instituciones que cuentan con campos experimentales y podrían formar parte de un proyecto como este, ya sea por el rol que cumplen en las evaluaciones genéticas o por su trayectoria en la investigación en ovinos, son INIA, SUL, Facultad de Agronomía (Fagro) y Facultad de Veterinaria (FVET). En anexos presento una lista detallada de los campos experimentales y su distribución en el territorio nacional. Estos 12 campos experimentales, enclavados en diversas

regiones agroecológicas de Uruguay, brindan un escenario ideal para un trabajo como el SMB. Esto generaría información en los mismos ambientes y sistemas de producción, y aportaría información a las respectivas evaluaciones genéticas poblacionales de las principales razas ovinas de Uruguay, así como aquellas promisorias o de interés futuro.

La implementación de lo que acabo de describir para las razas usadas en un papel materno no ofrece problemas de principio, pero claro está que en la práctica habría muchos problemas a resolver. Aun después de resolverlos restarían otros dos aspectos pendientes: i) las razas usadas en cruzamiento terminal (*e. g.*, Poll Dorset, Texel, Hampshire Down), y ii) razas recientemente introducidas o deseables de introducir (*e. g.*, Border Leicester, razas de pelo o deslanadas). No existen actualmente lineamientos acerca de la evaluación de estas categorías de razas. Sería de utilidad revisar la publicación australiana (APC, 1982) en que se recomiendan procedimientos para el muestreo, introducción, evaluación y disseminación de genotipos importados. El enfoque sugerido aquí de integrar la comparación de razas con las evaluaciones genéticas poblacionales daría un marco lógico al trabajo, que permitiría generar información confiable y a tiempo para la toma de decisiones de los productores.

Un enfoque como el que acabo de esbozar requeriría la colaboración de las instituciones involucradas en investigación en producción ovina y su mejora genética. Evitaría la ejecución de experimentos puntuales, con limitaciones de diseño y número de animales. Crearía una majada experimental de referencia, no solo para la evaluación clásica de razas, sino también estudios de genética molecular y aspectos de impacto ambiental.

En conclusión, reitero que el trabajo que conduje en el marco de esta tesis ha resultado en un aporte importante a los productores de ovinos. Quiero también destacar otro aporte: me ha servido para percibir la naturaleza del problema que debemos resolver y para vislumbrar la manera de conseguir el objetivo de hacer el mejor uso posible de los recursos genéticos ovinos disponibles en el Uruguay y en el extranjero para beneficio de la producción ovina del país.

5. Bibliografía

- Abella, I. (2020). Genética Anderson en ovejas Dohne de CIEDAG. *Taller de la Sociedad de Criadores de Merino Dohne*. Secretariado Uruguayo de la Lana (SUL).
- Abella, I. y Preve, F. (2009). Impacto de la genética Dohne Merino en una majada Corriedale. *Revista Lananoticias*, 152, 12-14.
- ADBA (Australian Dohne Breeders Association). (2023, 5 de junio). *Attributes of the Dohne Merino breed*. <https://dohne.com.au/attributes/>
- ADBA (Australian Dohne Breeders Association). (2021, 21 de diciembre). *Dohne 2021 Drop Post Weaning and Yearling Assessment Sire Evaluation Site Report*. <https://merinosuperiorsires.com.au/wp-content/uploads/2022/12/Dohne-2021-Drop-Post-Weaning-and-Yearling-Assessment-Sire-Evaluation-Site-Report.pdf>
- ADBA (Australian Dohne Breeders Association). (2018). *Dohne. A practical guide* (2.^a edición). ADBA.
- Aldabe, G. (2023, 2 de junio). *Se comercializaron 120.000 kg de lana Corriedale*. <https://palenqueagropecuario.com.uy/se-comercializaron-120-000-kg-de-lana-corriedale/>
- APC (Animal Production Committee). (1982). *Recommended procedures for the sampling, introduction, evaluation and dissemination of genotypes imported into Australia, Final Report*. APC.
- AWI (Australian Wool Innovation Limited) y MLA (Meat & Livestock Australia Limited). (2013). *Visual Sheep Scores, version 2*. AWI y MLA.
- Arnold, G. H. (1975). Herbage intake and grazing behavior in ewes of four breeds at different physiological states. *Australian Journal of Agricultural Research*, 26(6), 1017-1024. <https://doi.org/10.1071/AR9751017>
- Atkins, K. D. (1980). The comparative productivity of five ewe breeds: adult ewe performance. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 20(104), 288-295. <https://doi.org/10.1071/EA9800288>

- Banchero, G., Quintans, G., Milton, J. y Lindsay, D. (2005). Alimentación estratégica para mejorar la lactogénesis de la oveja al parto. En *Seminario de Actualización Técnica, Reproducción Ovina* (pp. 127-136). INIA.
- Bechhofer, R. E. (1954). A single-sample multiple decision procedure for ranking means of normal populations with known variances. *Annals of Mathematical Statistics*, 25(1), 16-39. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177728845>
- Becker, W. A. (1963). Changes in performance of entries in random sample tests. *Poultry Science*, 43(3), 716-722. <https://doi.org/10.3382/ps.0430716>
- Bervejillo, J., Campoy, D., González, C., y Ortiz, A. (2018). Resultados de la Encuesta Ganadera Nacional 2016. En Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP); Oficina de Programación y Políticas Agropecuarias. *Anuario OPYP 2018* (pp. 443-455). MGAP.
- Bianchi, G. (2023, 11 de setiembre). *Dificultad de colocación de lanas medias y gruesas en Uruguay «es extremadamente grave y preocupante»*. <https://www.eltelegrafo.com/2023/09/dificultad-de-colocacion-de-lanas-medias-y-gruesas-en-uruguay-es-extremadamente-grave-y-preocupante/>
- Bianchi, G. (2022, 29 de octubre). *Crónica de una muerte no anunciada*. <https://www.elobservador.com.uy/nota/cronica-de-una-muerte-no-anunciada-2022102934821>
- Bianchi, G. (2007). *Alternativas tecnológicas para la producción de carne ovina de calidad en sistemas pastoriles*. Hemisferio Sur.
- Bianchi, G. y Fierro, S. (2014). *Calendario práctico de producción ovina*. Hemisferio Sur.
- Bianchi, G. y Garibotto, G. (2000). Sistemas intensivos de producción de carne ovina y contribución de algunas razas de lana blanca en cruzamiento múltiple. *Cangüé*, 20, 14-18.
- Blasco, A. y Sorensen, D. (1991). Diseños de comparación de líneas, razas o cruces en especies prolíficas. *ITEA*, 87A(2, 3), 84-89.
- Bottaro, M. P. (2013, 2 de mayo). *El Mercado Lanero* (n.º 1516). <http://hectorindarte.com.uy/archivos/1516EMLSUL15noviembre2013.pdf>
- Caballero Rúa, A. (2017). *Genética Cuantitativa*. Síntesis.

- Cardellino, R. (2019). Sheep production in Uruguay. En *Global Sheep Conference* (pp. 37). Canadian Sheep Federation (CSF).
- Cardellino, R. (2015). Un rubro que decae globalmente. *El País Agropecuario*, 74-79.
- Cardellino, R. (1981). *Genetic differences between sheep breeds in Uruguay* [Tesis de Maestría]. Universidad de Nueva Gales del Sur.
<https://doi.org/10.26190/unsworks/11666>
- Cardellino, R., Azzarini, M. y Ponzoni, R. W. (1978). Efecto de la época de encarnerada y de la edad sobre la tasa reproductiva de ovejas Corriedale, Ideal y Merino en el Uruguay. En *Conferencia Mundial de Producción Animal* (pp. 566-574). Asociación Argentina de Producción Animal (AAPA).
- Cardellino, R. C., James, J. W., Azzarini, M. y Ponzoni, R. W. (1991). Desempeño reproductivo, producción de lana y peso vivo en hembras Corriedale, Ideal y Merino del Uruguay. *Producción Ovina*, 3(1-2), 71-80.
- Cardellino, R. y Richero, R. (2020). La producción mundial y los usos finales de lanas con diferentes diámetros. *Anuario Merino 2020*, 24-33.
- Cardellino, R. y Rovira, J. (1987). *Mejoramiento Genético Animal*. Hemisferio Sur.
- Cardellino, R. y Trifoglio, J. L. (2022). Las características del mercado lanero en la zafra 2021/22. *Anuario Merino 2022*, 32-38.
- Cardellino, R., Wilcox, C. y Trifoglio, J. L. (2018). El mercado de la lana y su efecto en la producción ovina uruguaya. *El País Agropecuario*, 22-24.
- Carmon, J. L., Stewart, H. A., Cockerham, C. C. y Comstock, R. E. (1956). Prediction equations for rotational crossbreeding. *Journal of Animal Science*, 15(3), 930-936. <https://doi.org/10.2527/jas1956.153930x>
- Castro, E. y Ganzábal, A. (1988). *Sistemas lanares intensivos* (Miscelánea n.º 66). Centro de Investigaciones Agrícolas Alberto Boerger.
- Ceballos, D., Villa, M. y Morales, J. (2021). Análisis productivo y económico de un engorde de ovejas de refugio en noroeste de la provincia de Chubut. *Revista Argentina de Producción Animal*, 41, 249-289.
- Ciappesoni, G., Viñoles, C., De Barbieri, I y Montossi, F. (2014). Desempeño reproductivo y crecimiento de hembras Corriedale y cruza con Merino

- Dohne. En E. Berretta, F. Montossi y G. Brito (eds.), *Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del basalto* (pp. 435-443). INIA.
- Ciappesoni, G., Gimeno, D. y Coronel, F. (2014). Progreso genético logrado en las evaluaciones ovinas del Uruguay. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 22, 73-80.
- Ciappesoni, G., Goldberg, V. y Gimeno, D. (2013). Estimates of genetic parameters for worm resistance, wool and growth traits in Merino sheep of Uruguay. *Livestock Science*, 157, 65-74. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.07.011>
- Ciappesoni, G., Gimeno, D. y Coronel, F. (2011). Evaluaciones Genéticas de Ovinos en Uruguay: desde el tatuaje a la genómica. *Revista ARU*, 83, 20-24.
- Clarke, J. N. (1982). The utilization of breed resources in the improvement of sheep productivity. En *Proceedings of the 2nd World Congress on Genetics Applied to Livestock Production* (pp. 635-654). WCGALP.
- Cochran, W. G. y Cox, G. M. (1957). *Experimental Designs* (2.^a edición). John Wiley & Sons Inc.
- Comstock, R. E. y Winters, L. M. (1942). Design of experimental comparisons between lines of breeding in livestock. *Journal of Agricultural Research*, 64, 523-532.
- Coop, I. E. (1964). Sheep nutrition and management. En *Proceedings of the 24th Conference of the New Zealand Society of Animal Production* (pp. 129-148). NZSAP.
- Cottle, D. J. (Ed.). (2010). *International Sheep and Wool Handbook* (2.^a edición). Nottingham University Press.
- Cox, J. F., Jeria, E., Bocic, A., Soto-Saravia, R., Dorado, J. y Saravia, F. (2015). Characterization of the productive performance of Highlander sheep in Southern Chile. I. Female reproductive traits. *Small Ruminant Research*, 130, 183-188. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.06.010>
- Daly, R. A. y Carter, H. B. (1955). The fleece growth of young Lincoln, Corriedale, Polwarth, and fine Merino maiden ewes under housed conditions and unrestricted and progressively restricted feeding on a standard diet.

- Australian Journal of Agricultural Research*, 6(4), 476-513.
<https://doi.org/10.1071/AR9550476>
- David, I., Astruc, J. M., Lagriffoul, G., Manfredi, E., Robert-Granié, C. y Bodin, L. (2008). Genetic correlation between female fertility and milk yield in Lacaune sheep. *Journal of Dairy Science*, 91, 4047-4052. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1113>
- De Barbieri, I., Viñoles, C., Montossi, F., Luzardo, S. y Ciappesoni, G. (2021). Productive and reproductive consequences of crossbreeding Dohne Merino with Corriedale in Uruguayan sheep production systems. *Animal Production Science*, 62, 29-39. <https://doi.org/10.1071/AN20490>
- De la Fuente, L. F., Gabiña, D., Carolino, N. y Ugarte, E. (2006). The Awassi and Assaf breeds in Spain and Portugal. En *Proceedings of the 57th Annual Meeting of the European Association for Animal Production* (p. S14.2). EEAP.
- Dickerson, G. E. (1970). Efficiency of animal production - Molding the biological components. *Journal of Animal Science*, 30(6), 849-859.
<https://doi.org/10.2527/jas1970.306849x>
- Dickerson, G. E. (1969). Experimental approaches in utilising breed resources. *Animal Breeding Abstracts*, 37, 191-202.
- Dickerson, G. E. (1942). Experimental design for testing inbred lines of swine. *Journal of Animal Science*, 1(4), 326-341.
<https://doi.org/10.2527/jas1942.14326x>
- Donnini, M, Gamboa, P y Rodríguez, A. (2021). *Sobrevivencia perinatal de corderos en cuatro razas de ovinos bajo parición a "cielo abierto" relación con el comportamiento maternal, el valor del cordero al nacimiento y el índice de enfriamiento* [Tesis de grado]. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Veterinaria.
- Donoghue, K. A., Walmsley, B. J., Siddell, J. P., Granleese, T., Penrose, L. y Arthur, P. F. (2021). Southern Multi-Breed resource population: Generation of cohorts one and two. En *Proceedings of the 24th Conference of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics* (pp. 98-101). AAABG.

- Doyle, E. K., Preston, J. W. V., McGregor, B. A. y Hynd, P. I. (2021). The science behind the wool industry: The importance and value of wool production from sheep. *Animal Frontiers*, 11(2), 15-23. <https://doi.org/10.1093/af/vfab005>
- El Observador. (2022, 21 de octubre). Preocupación entre ovejeros: hay 30 millones de kilos de lana sin vender y Central Lanera dejará de comprar lotes gruesos. *El Observador*. <https://www.elobservador.com.uy/nota/hay-30-millones-de-kilos-de-lana-sin-vender-y-central-lanera-dejara-de-comprar-lotes-gruesos-20221021151747>
- Falconer, D. S. (1960). *Introduction to Quantitative Genetics*. Oliver and Boyd.
- Fogarty, N. M. (2006). Utilization of breed resources for sheep production. En *Proceedings of the 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production* (p. 32-10). WCGALP.
- Fourie, A. J. y Heydenrych, H. J. (1983). Phenotypic and genetic aspects of production in the Dohne Merino. IV. The influence of age of the ewe on production traits. *South African Journal of Animal Science*, 13(3), 167-170.
- Gaddour, A. y Najari, S. (2010). Indices d'efficacité zootechnique des génotypes caprins issus d'un croisement dans les oasis du sud Tunisien. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 161(6), 255-263.
- Ganzábal, A. (2014). Impacto productivo y económico del uso de biotipos maternos en la producción de corderos. En H. Saravia, W. Ayala y E. Barrios (Eds.), *Producción de carne ovina de calidad* (pp. 152-160). INIA.
- Ganzábal, A., Ciappesoni, G., Banchemo, G., Vazquez, A., Ravagnolo, O. y Montossi, F. (2012). Biotipos maternos y terminales para enfrentar los nuevos desafíos de la producción ovina moderna. *Revista INIA*, 25, 14-18.
- Ganzábal, A., De Mattos, D., Montossi, F., Banchemo, G., San Julián, R., Pérez, J. A., Noboa, M., De los Campos, G. y Calistro, S. (2001). Inserción de tecnologías de cruzamientos ovinos en sistemas intensivos de producción: resultados preliminares obtenidos. En *Serie Actividades de Difusión n.º 253* (pp. 99-124). INIA.

- Ganzábal, A., Montossi, F., Ciappesoni, G., Banchero, G., Ravagnolo, O., San Julián, R. y Luzardo, S. (2007). Cruzamientos para la producción de carne ovina de calidad. INIA.
- Gimeno, D., Ciappesoni, G. y García Pintos, M. (2019). Resultados de la Evaluación Global. Sociedad de Criadores de Corriedale del Uruguay (SCCU).
- Greiner, S. P. (2009). *Crossbreeding Beef Cattle*. Virginia Cooperative Extension.
- Hay, A. N., Farrell, K., Leeth, C. M. y Lee, K. (2022). Use of genome editing techniques to produce transgenic farm animals. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 1354, 279-297. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85686-1_14
- Herselman, M. J., Olivier, J. J. y Snyman, M. A. (1998). Studies on small ruminant breeds with inherent differences in fibre production and ewe productivity 1. Relationship between ewe productivity and wool production potential. *South African Journal of Animal Science*, 28, 1-8. <https://doi.org/10.4314/sajas.v28i1.44269>
- Hill, W. G. (2014). Applications of population genetics to animal breeding, from Wright, Fisher and Lush to genomic prediction. *Genetics*, 196, 1-16. <https://doi.org/10.1534/genetics.112.147850>
- Hill, W. G. (1980). Experimental design in quantitative genetics and animal breeding. Universidad de Gotinga.
- Hill, W. G. (1974). Size of experiments for breed or strain comparisons. En *Proceedings of a Working Symposium on Breed Evaluation and Crossing Experiments* (pp. 43-54). Research Institute for Animal Husbandry.
- Hohenboken, W. D. (1986). Costs and benefits of breed utilization strategies in sheep. En *Proceedings of the 3rd World Congress on Genetics Applied to Livestock Production* (pp. 509-522). WCGALP.
- INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria) y SUL (Secretariado Uruguayo de la Lana). (2023, 8 de noviembre). *Evaluaciones genéticas ovinas*. <https://www.geneticaovina.com.uy/>

- Janssens, S., Vandepitte, W. y Bodin, L. (2004). Genetic parameters for litter size in sheep: natural versus hormone-induced oestrus. *Genetics Selection Evolution*, 36, 543-562. <https://doi.org/10.1051/gse:2004016>
- Kalds, P., Zhou, S., Cai, B., Liu, J., Wang, Y., Petersen, B., Sonstegard, T., Wang, X. y Chen, Y. (2019). Sheep and goat genome engineering: From random transgenesis to the CRISPR era. *Frontiers in Genetics*, 10, 750. <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00750>
- Kinghorn, B. P. (2011). An algorithm for efficient constrained mate selection. *Genetics Selection Evolution*, 43(1), 4. <https://doi.org/10.1186/1297-9686-43-4>
- Kinghorn, B. P. y Shepherd, R. K. (1999). Mate selection for the tactical implementation of breeding programs. En *Proceedings of the 13th Conference of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics* (pp. 130-133). AAABG.
- Kremer, R., Giordano, J. P., Rosés, L. y Rista, L. (2015). Producción de ovejas Milchschaef en un sistema lechero en pastoreo. *Veterinaria*, 199, 12-23.
- Lewis, R. M., & Emmans, G. C. (2020). The relationship between feed intake and liveweight in domestic animals. *Journal of Animal Science*, 98(4), skaa087. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa087>
- Lewis, R. M. y Emmans, G. C. (2010). Feed intake of sheep as affected by body weight, breed, sex, and feed composition. *Journal of Animal Science*, 88, 467-480. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1735>
- Mamani-Cato, R. H., Frank, E. N., Prieto, A., Castillo, M. F., Condori-Rojas, N. y Hick, M. V. H. (2022). Effect of fibre diameter, prickly factor and coarse fibre bias on yarn surface hairiness in South American camelids (SAC) fibre. *Fibers*, 10(2), 1-8. <https://doi.org/10.3390/fib10020018>
- Matebesi, P. A., van Wyk, J. B. y Cloete, S. W. P. (2009). Genetic parameters for subjectively assessed wool and conformation traits in the Tygerhoek Merino flock. *South African Journal of Animal Science*, 39(3), 176-187.
- Matte, A. y Waquil, P. D. (2021). Changes in markets for lamb in livestock family farming in Brazil. *Small Ruminant Research*, 205, 106535. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106535>

- McDaniel, B. T. (1987). Principles of germplasm comparisons. *Journal of Dairy Science*, 70(2), 414-417.
- McKinsey & Company. (2000). *Report to New Zealand woolgrowers on improving profitability*. McKinsey & Company.
- McMaster, C. (2016). *Celebrating 50 years since the establishment of the breed society*. Australian Dohne Breeders Association. <https://dohne.com.au/wp-content/uploads/2016/08/CELEBRATING-50-YEARS-SINCE-THE-ESTABLISHMENT-OF-THE-BREED-SOCIETY.pdf>
- McMaster, C. (2015). *Birth of a breed: The Dohne Merino story*. Simon Says Advertising CC.
- McMaster, J. C. (2010). *Sheep in my blood: An account of my career as a sheepman*. BevStorch.
- Menchaca, A., dos Santos-Neto, P. C., Mulet, A. P. y Crispo, M. (2020). CRISPR in livestock: From editing to printing. *Theriogenology*, 150, 247-254. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.01.063>
- MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca; Dirección de Contralor de Semovientes; Sistema Nacional de Información Ganadera). (2024, 10 de enero). *Datos preliminares basados en la Declaración Jurada de Existencias DICOSE – SNIG 2023*. <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/datos-y-estadisticas/datos/datos-preliminares-basados-declaracion-jurada-existencias-dicose-snig>
- MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca; Estadísticas Agropecuarias). (2021). *Anuario Estadístico Agropecuario 2021*, (24.^{ta} edición). MGAP.
- MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca; Oficina de Programación y Políticas Agropecuarias). (2018). *Resultados de la Encuesta Ganadera Nacional 2016*. MGAP.
- MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca; Estadísticas Agropecuarias). (2002). *Encuesta Ganadera año 2001*. MGAP.
- Molina, C. (2017). *Un destilado de resultados de empresas ganaderas con énfasis en producción ovina*. SUL.

[https://www.sul.org.uy/descargas/des/M%C3%B3dulo_3_Carlos_Molina_\(IPA\).pdf](https://www.sul.org.uy/descargas/des/M%C3%B3dulo_3_Carlos_Molina_(IPA).pdf)

- Montossi, F., De Barbieri, I., Ciappesoni, G., Ganzábal, A., Banchero, G., Luzardo, S. y San Julián, R. (2013). Intensification, diversification, and specialization to improve the competitiveness of sheep production systems under pastoral conditions: Uruguay's case. *Animal Frontiers*, 3(3), 28-35.
<https://doi.org/10.2527/af.2013-0021>
- Montossi, F., De Barbieri, I., Ciappesoni, G., San Julián, R., Luzardo, S., Martínez, H., Frugoni, J. C. y Levratto, J. (2007). Nuevas opciones genéticas para el sector ovino del Uruguay: evaluación de cruzamientos con Merino Dohne. *Revista INIA*, 10, 6-9.
- Montossi, F., De Barbieri, I., Ciappesoni, G., Soares de Lima, J., Luzardo, S., Brito, G., Viñoles, C., San Julián, R., Silveira, C. y Mederos, A. (2011a). Merino Superfino y Merino Dohne: Innovaciones tecnológicas para mejorar la competitividad del rubro ovino en sistemas ganaderos extensivos mixtos del Uruguay. En *Jornadas de Buiatría* (pp. 378-404).
- Montossi, F., De Barbieri, I., Ciappesoni, G., Silveira, C., Luzardo, S., Brito, G. y San Julián, R. (2011b). Alternativas tecnológicas para la mejora de la competitividad del rubro ovino: avances de la investigación de INIA en la raza Merino Dohne. *Revista INIA*, 26, 14-18.
- Moore, K. L., Walkom, S. F., Siddell, J. P. y Walmsley, B. (2023). Quantifying the linkage between genetics represented in the Southern Multi-Breed Project and the wider beef populations. En *Proceedings of the 25th Conference of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics* (pp. 330-333). AAABG.
- Mueller, J. P., Bidinost, F. y Taddeo, H. R. (2003). Parámetros genéticos en dos plantales Merino de la Patagonia. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 32(3), 161-172.
- NRC (National Research Council). (2007). *Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/11654>

- NRC (National Research Council). (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9825>
- NRC (National Research Council). (2000). *Nutrient requirements of beef cattle*, (7.^a edición revisada). The National Academies Press.
<https://doi.org/10.17226/9791>
- NSW (New South Wales Government). (2023, 10 de noviembre). *Southern Multi Breed (SMB) project: Investing in the future of Australia's beef industry*.
<https://www.dpi.nsw.gov.au/dpi/animals/beef-cattle/breeding/smb-project>
- Papaleo, J. y Hozbor, F. (2021). Datos reproductivos y productivos de cuatro razas ovinas bajo condiciones de pastoreo en la Reserva 8. *Visión Rural*, 137, 36-38.
- PIRSA (Primary Industries and Regions SA). (2021). *Farm gross margin and enterprise planning guide. A gross margin template for crop and livestock enterprises*. PIRSA.
- Ponzoni, R.W. (2017). *Lineamientos generales para el asesoramiento en uso de recursos genéticos ovinos*. Central Lanera Uruguay.
- Ponzoni, R.W., James, J.W., Nguyen, N.H., Mekaw, W. y Khaw, H.L. (2013). *Strain comparisons in aquaculture species: a manual*. WorldFish.
- Ponzoni, R.W., Nguyen, N.H. y Khaw, H.L. (2011). Fundamental considerations about design and sample size in strain comparisons and their implications. *Aquaculture Research*, 42(12), 1855-1858. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02789.x>.
- Preve, F. y Abella, I. (2010). Impacto productivo en sistema productivo con Merino al cruzar con Dohne. *Revista Lananoticias*, 155, 21-25.
- Ramos, J. F., Bell, W., Sánchez, A. L., Minteguiaga, M. A. y Ponzoni, R. W. (2021). Desempeño reproductivo de Corriedale, Merino Dohne, Romney Marsh, Highlander y Corriedale Pro en el litoral oeste de Uruguay. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 29, 178-179.
- Richards, J. (2014). *Precision sheep management*. Australian Wool Education Trust.
<https://www.woolwise.com/wp-content/uploads/2017/07/WOOL-300-300-14-T-17.pdf>

- Roa, A. A. (2012). *Invernada corta de corderos: una alternativa para la integración productiva entre el área de secano y los valles irrigados*. Universidad Nacional del Comahue.
- Safari, E., Fogarty, N. M. y Gilmour, A. R. (2005). A review of genetic parameter estimates for wool, growth, meat and reproduction traits in sheep. *Livestock Production Science*, 92, 271-289.
- Salgado, C. (2016). *Monitoreo Ovino II Semestre 2015*. SUL.
- Sánchez, A. L., Urioste, J. I., Peñagaricano, F., Neimaur, K., Sienra, I., Naya, H. y Kremer, R. (2016). Genetic parameters of objectionable fibers and of their associations with fleece traits in Corriedale sheep. *Journal of Animal Science*, 94, 13-20. <https://doi.org/10.2527/jas2015-9619>.
- SCCU (Sociedad de Criadores de Corriedale del Uruguay). (1952). *Standard Universal de la raza Corriedale y su interpretación*. SCCU. <http://agronomia.criba.edu.ar/carreras/ia/archivos/Materias/688/2012/Clase%2008/Standard%20Corriedale%201950.pdf>
- Schlink, T. (2017). *Fibre diameter, staple strength, style, handle and curvature*. Australian Wool Education Trust. <https://www.woolwise.com/wp-content/uploads/2017/07/Wool-412-512-08-T-03.pdf>
- Spedding, C. R. W. (1988). *An introduction to agricultural systems* (2.^a edición). Elsevier Applied Science.
- Spedding, C. R. W. (1965). *Sheep production and grazing management*. Bailliere, Tindall & Cox.
- Snedecor, G. W. y Cochran, W. G. (1989). *Statistical methods* (8.^a edición). Iowa State University Press.
- Steinhagen O. (1986). The influence of age and generation number of the Dohne Merino on different wool production traits. *South African Journal of Animal Science*, 16(2), 101-102.
- SUL (Secretariado Uruguayo de la Lana). (2009). *El negocio ovino en el Uruguay, experiencias comerciales exitosas*. SUL.
- Sundstrom, B., Barlow, R. y Arthur, P. F. (1994). Application of crossbreeding to beef production: opportunities, obstacles and challenges. En *Proceedings of the*

- 5ht World Congress on Genetics applied to Livestock Production* (pp. 280-287). WCGALP.
- Tait-Burkard, C., Doeschl-Wilson, A., McGrew, M. J., Archibald, A. L., Sang, H. M., Houston, R. D., Whitelaw, C. B. y Watson, M. (2018). Livestock 2.0 – genome editing for fitter, healthier, and more productive farmed animals. *Genome Biology*, 19, 204. <https://doi.org/10.1186/s13059-018-1583-1>
- Van der Merwe, D. A., Brand, T. S. y Hoffman, L. C. (2020). Wool production in Dohne Merino, Dormer, Merino and South African Mutton Merino lambs. *South African Journal of Animal Science*, 50(6), 881-889. <https://doi.org/10.4314/sajas.v50i6.15>
- Van Wyk, J. B., Swanepoel, J. W., Cloete, S. W. P., Olivier, J. J. y 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 Science*, 38(1), 31-37. <https://doi.org/10.4314/sajas.v38i1.4106>
- Wall, A. J., Juengel, J. L., Edwards, S. J. y Rendel, J. M. (2018). The economic value of replacement breeding ewes attaining puberty within their first year of life on New Zealand sheep farms. *Agricultural Systems*, 164, 38-46. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.03.007>
- Walkom, S. F., Donoghue, K. A., Arthur, P. F., Clark, A. S. y Walmsley, B. J. (2021). Using MateSel to aid sire allocation in genomic reference populations – Southern Multi-Breed an example. En: *Proceedings of the 24th Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics* (pp. 419-422). AAABG.
- Walmsley, B. J., Moore, K. L., Walkom, S. F., Clark, S. A., Granleese, T. y Donoghue, K. A. (2023). Progress of the Southern Multibreed resource population: hard-to-measure phenotypes to drive genomic selection. En *Proceedings of the 25th Conference of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics* (pp. 310-313). AAABG.
- Walmsley, B. J., Donoghue, K. A., Johnston, D. J., Clark, S. A., Siddell, J. P., Walkom, S. F., Granleese, T. y Arthur, P. F. (2019). Initiating the Southern Multi-Breed

resource population. En *Proceedings of the 23rd Conference of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics* (pp. 423-426). AAABG.

Wassmuth, R. y Beuing, R. (1974). Model calculations on the economic efficiency of sheep production. *Livestock Production Science*, 1(1), 67-75.

[https://doi.org/10.1016/0301-6226\(74\)90090-6](https://doi.org/10.1016/0301-6226(74)90090-6)

6. Anexos

Anexo 1

Asignación de hembras base a los cinco centros de investigación del Departamento de Industrias Primarias de Nueva Gales del Sur.

Sitio*	Angus	Brahman	Charolais	Hereford	Shorthorn	Wagyu	Total
Trangie	75			67		66	208
Grafton	139	201		157			497
Tocal	104		75		105		282
Glen Innes	64			59		44	167
EMAI	105		121	90	122	116	554
Total	490	201	144	373	227	226	1661

*Nota. ** - Trangie Agricultural Research Centre, Trangie; Grafton Primary Industries Institute, Grafton; Tocal Agricultural Centre, Tocal; Glen Innes Agricultural Research and Advisory Station, Glen Innes; Elizabeth MacArthur Agricultural Institute (EMAI); Menangle.

Anexo 2

Distribución de los campos experimentales de las instituciones vinculadas al desarrollo de la producción ovina en Uruguay.

Campo experimental	Ubicación	Región	Institución
Centro de Innovación y Capacitación Ovina Mario Azzarini (CICOMA)	Salto	Norte	SUL
Estación Experimental de Facultad de Agronomía en Salto (EEFAS)	Salto	Norte	Fagro
Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC)	Paysandú	Litoral norte	Fagro
Estación experimental INIA Tacuarembó	Tacuarembó	Centro	INIA
Centro de Investigación y Experimentación Dr. Alejandro Gallinal (CIEDAG)	Florida	Centro	SUL
Estación Experimental Bernardo Rosengurtt (EEBR)	Cerro Largo	Noreste	Fagro
Estación experimental INIA Treinta y Tres	Treinta y Tres	Este	INIA
Estación experimental INIA La Estanzuela	Colonia	Sur	INIA
Estación experimental INIA Las Brujas	Canelones	Sur	INIA
Campo experimental n.º 1, Migue	Canelones	Sur	FVET
Campo experimental n.º 2, Libertad	San José	Sur	FVET
Centro Regional Sur (CRS)	Canelones	Sur	Fagro