

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**PARÁMETROS GENÉTICOS EN FIBRAS MEDULADAS, PIGMENTADAS Y
SUS ASOCIACIONES GENÉTICAS CON CARACTERES DE VELLÓN EN
CORRIEDALE**

por

Ana Laura SÁNCHEZ BATISTA

TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de *Magister* en Ciencias Agrarias
opción Ciencia Animal

MONTEVIDEO
URUGUAY
Julio 2013

Tesis aprobada por el tribunal integrado por Dra. Ana Espasandín, Dr. Raúl Ponzoni, Dr. Gabriel Ciappesoni y Dr. Eduardo Frank, el 20 de Setiembre de 2013. Autor/a: Ana Laura Sánchez. Director Dr. Jorge Urioste, Co-director Dr. Roberto Kremer.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
RESUMEN.....	IV
SUMMARY.....	V
1 <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1 FIBRAS OSCURAS.....	2
1.2 FIBRAS MEDULADAS Y KEMP.....	4
1.3 ASPECTOS GENÉTICOS.....	6
1.4 ASOCIACIONES GENÉTICAS CON RASGOS PRODUCTIVOS.....	8
1.5 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	10
1.5.1 <u>Hipótesis planteada</u>	10
1.5.2 <u>Objetivo general</u>	10
1.5.3 <u>Objetivos específicos</u>	10
2 <u>ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GENÉTICOS EN FIBRAS Y CARACTERES DE VELLÓN EN LA RAZA CORRIEDALE</u>	12
2.1 Resumen.....	13
2.1 Summary.....	14
2.3 Introducción.....	15
2.4 Materiales y métodos.....	17
2.4.1 <u>Animales experimentales</u>	17
2.4.2 <u>Base de datos</u>	18
2.4.3 <u>Registros de características de vellón</u>	19
2.4.4 <u>Registros de fibras</u>	20
2.4.5 <u>Análisis estadístico</u>	21
2.5 Resultados.....	25
2.5.1 <u>Estadística descriptiva</u>	25
2.5.2 <u>Efectos fijos</u>	26
2.5.2 <u>Efectos fijos</u>	26
2.5.3 <u>Análisis genético</u>	27
2.5.4 <u>Respuesta a la selección</u>	29
2.6 Discusión.....	30
2.6.1 <u>Aspectos generales</u>	30
2.6.2 <u>Análisis genético</u>	32
2.6.3 <u>Respuesta a la selección</u>	34
2.7 Conclusiones.....	35
2.8 Bibliografía.....	37
3 <u>DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES GENERALES</u>	43
4 <u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	47

RESUMEN

La lana de oveja es naturalmente blanca, pero está afectada por ciertas problemáticas como la presencia de fibras objetables (fibras oscuras (FO) y fibras meduladas (FM)) que inciden en el precio final de la misma. Para solucionar este problema se deben diseñar y aplicar planes de selección que reduzcan las FO y FM, que a su vez requieren conocer los parámetros genéticos de estas características. Tanto a nivel nacional como internacional existe una falta de información sobre las asociaciones genéticas entre caracteres de pigmentación, medulación y otros mas tradicionales, como caracteres de vellón. Las hipótesis fueron tres: 1) existencia de variabilidad genética en presencia de fibras: pigmentadas (BINPFP), kemp (BINPK) y meduladas (BINPMED); en peso de vellón limpio (PVL) y en diámetro de fibra (DF); 2) las heredabilidades resultan de magnitud media a alta, lo que permite la posibilidad de selección, y las correlaciones genéticas son favorables o neutras entre fibras objetables y caracteres de vellón; y 3) las respuestas a la selección directa e indirecta en fibras son favorables. El objetivo fue estudiar la variabilidad y las relaciones genéticas entre BINPFP, BINPMED y BINPK, y caracteres del vellón (DF y PVL) en la raza Corriedale; analizar la respuesta de la selección en fibras objetables y la respuesta correlacionada en fibras al seleccionar por caracteres de vellón. Se contó con registros de fibras de 679 animales y de registros de caracteres de vellón de 790 animales. Las heredabilidades y correlaciones genéticas se estimaron con un modelo animal multivariado bajo un supuesto bayesiano. Se calculó la respuesta total a la selección en contra de fibras objetables y la respuesta indirecta en fibras al seleccionar por DF o PVL. Las heredabilidades (desvío estándar) para BINPFP, BINPMED y BINPK fueron de 0,35 (0,08), 0,37 (0,10) y 0,63 (0,09); y para PVL y DF de 0,42 (0,09) y 0,43 (0,08), indicando la posibilidad de respuesta a la selección. La correlación genética de PVL con BINPFP, BINPK y BINPMED; y entre DF y BINPK se estimaron con gran incertidumbre. Sin embargo, las correlaciones genéticas de DF con BINPFP y BINPMED fueron de magnitud alta y positiva, 0,56(0,19) y 0,50(0,19). Las respuestas totales a la selección fueron negativas y la correlacionada en BINPFP, BINPMED y BINPK al seleccionar por PVL fueron -0,303 (0,111), 0,027 (0,113) y -0,047 (0,175); y al seleccionar por DF fueron -0,262 (0,106), -0,264 (0,109) y -0,138 (0,155), respectivamente. Estos resultados son de interés ya que no hay antecedentes a nivel nacional e internacional.

Palabras clave: ovinos Corriedale, heredabilidad, correlaciones genéticas, respuesta de la selección.

SUMMARY

Genetic parameters in medullated fibres, pigmented and their genetic association with fleece traits for Corriedale

Sheep wool is naturally white, but can present certain faults as presence of objectionable fibres (dark fibre (DF) and medullated fibres (FM)) that affect the final price of wool. To help solving this problem, selections plans should be designed and implemented to reduce DF and FM; which requires knowledge of the genetic parameters of these traits. There is a lack of information, both internationally and nationally on the genetic relationships between characters of pigmentation, medullation and other more traditional as fleece characters. The hypotheses were three: 1) existence of genetic variability in the presence of fibers: pigmented (BINPPF), kemp (BINPK) and medullated (BINPMED); in clean fleece weight (CFW) and in fiber diameter (FD) 2) heritabilities are from magnitude medium to high, allowing the possibility of selection, and genetic correlations are favourable or neutral between objectionable fibers and fleece characters, and 3) direct and indirect responses to selection in fibers are favorable. The aim was to determine the variability and genetic relationships between PPF, PMED and PK, and fleece characters (FD and CFW) in Corriedale sheep; analyzed the response to selection in objectionable fibres and correlated response in fibres when selecting for fleece characters. Records of fibres from 679 animals and records of fleece from 790 animals were used. The heritabilities and genetic correlations was estimated with a multivariate animal model in a Bayesian setting. We calculated the total response to selection against of objectionable fibres and indirect response in fibres selecting for FD or CFW. The heritabilities (standard deviation) for BINPPF, BINPMED, BINPK were 0.35(0.08), 0.37(0.10) and 0.63(0.09); and for CFW and FD were 0.42(0.09) and 0.43(0.08), allowing the possibility of response to selection. The genetic correlation of CFW with BINPPF, BINPK and BINPMED, and between FD and BINPK were estimated with great uncertainty. However, the genetic correlations of FD with BINPPF and BINPMED were of high magnitude and positive, 0.56(0.19) and 0.50(0.19). The expected total response was negative and the correlated response in BINPPF, BINPMED and BINPK when selecting for CFW were -0.303(0.111), 0.027(0.113) and -0.047(0.175); and when selecting for FD were -0.262(0.106), -0.264(0.109) and -0.138(0.155), respectively. This results are of interest because there is lack of research both at national and international level.

Keywords: Corriedale sheep, heritability, genetic correlations, response to selection.

1 INTRODUCCIÓN

Uruguay ha sido tradicionalmente un país exportador de lana, con un stock actual de unos 8,23 millones de ovinos (DI.CO.SE, 2012) y un valor de exportación en el periodo Febrero 2012 a Enero 2013 de 360 millones de dólares (Frade, 2013). En este período, Uruguay exportó un total de 42,9 millones de kilos de lana equivalente base sucia (considerando lana sucia, lavada y peinada), de la cual un 63,8% se exportó peinada, el 20,9% sucia y el 15,2% restante lavada. Analizándolo en términos de valor, las exportaciones de lana sucia, lavada y peinada totalizaron 227,1 millones de dólares (Frade, 2013).

Las lanas Uruguayas poseen características de alto valor para los procesos industriales y los productos que con ellas se fabrican. Se obtienen rendimientos de lavado superiores al 70% y bajo porcentaje de materia vegetal, menos de 0,5%. Esto es reflejo de que las explotaciones ovinas se desarrollan sobre pasturas naturales, sin contaminación de origen natural (Frade, 2013). El Secretariado Uruguayo de la Lana (SUL) ha trabajado desde 1970 en la preservación de las virtudes naturales de la fibra, minimizando todas aquellas posibilidades que puedan afectar sus características y propiedades. Ciertas problemáticas como presencia de fibras objetables (fibras oscuras y fibras meduladas) inciden en el precio final de la misma, limitan la competitividad de la lana con otras fibras textiles y dificultan su colocación en los mercados con altos niveles de exigencia en cuanto a calidad.

La mayoría de las lanas uruguayas se exportan a China donde se destinan a hilados para tejer a mano, excepto los tops de excelente calidad que van a Europa con destino a tejidos de punto y en menor proporción a tejidos planos y usos de interiores. El mercado para el tipo de lanas medias que produce Uruguay está muy fragmentado e incluye usos en vestimenta y en textiles para el hogar. Los productores de lanas de micronaje medio deberían mantener sus esfuerzos por incrementar la productividad y la calidad de sus lanas (mejorar color, reducir fibras coloreadas) y orientar más claramente el diámetro de su producción hacia el sector más fino. Esto les permitiría ampliar el rango de oportunidades y el acceso a nichos de mercado con requisitos específicos (Cardellino, 2004). Es importante destacar la necesidad de tener en cuenta otras características de la lana (además del diámetro) que tienen una

importante repercusión en el precio final, tales como resistencia de la mecha, largo de fibras y color. A su vez, deben ser cosechadas y acondicionadas con un nivel de excelencia superior, evitando todo tipo de contaminación con puntas quemadas, lunares, kemps, y materiales extraños. La lana es naturalmente blanca pero posee un cierto número de fibras oscuras (FO) y fibras meduladas (FM) que al momento de su procesamiento disminuyen la versatilidad de colores a utilizar en su tinción; estos efectos se describen a continuación. En este trabajo a este tipo de fibras (FO y FM) las nombraremos fibras objetables, debido a que Hunter *et al.* (2013) sugieren que es preferible y científicamente más justificable nombrar a las fibras que presentan diferente apariencia visual que la fibra de lana propiamente dicha, como “fibras objetables”.

1.1 FIBRAS OSCURAS

Se considera una fibra oscura a aquella que se aparta del color blanco, con un grado de coloración mayor a 5 en una escala de 0 a 8 (el 0 es una fibra blanca y el 8 es una fibra negra) y de más de 10 mm de largo (Foulds *et al.*, 1984). El origen de las FO es tanto ambiental (tinción de la fibra con orina, materia fecal y productos químicos) como genético (producción de fibras pigmentadas con melanina, FP). Con una adecuada técnica de esquila se podrían eliminar las fibras de origen ambiental, quedando las de origen genético, que aún pueden superar ampliamente el mínimo exigido por los mercados de calidad, menos de 300 FO/kg (Frank Raquet, 2013, com. pers.).

A simple vista, las fibras marrones oscuras pigmentadas o teñidas por orina parecen similares. Para poder distinguir entre ellas se requiere un examen al microscopio, debido a que las FO de ambas fuentes pueden variar desde negro a marrón muy pálido. Las fibras pigmentadas (FP) de melanina tienen el color de los gránulos de melanina de tamaños variables, mientras que las fibras teñidas por orina son uniformemente coloreadas (Figura 1).

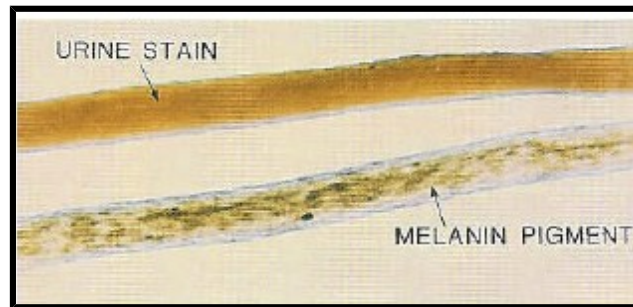


Figura 1. Fibras oscuras observadas al microscopio óptico (40X). Superior: Fibra coloreada de origen ambiental. Inferior: Fibra Pigmentada de origen genético (Fuente: CSIRO, 1992; citado por Hansford, 2003)

Los posibles orígenes de las FP en los vellones blancos son: lunares en la piel del animal en zonas del vellón (congénitos o de nacimiento, y no congénitos que aparecen con la edad) y FP que crecen aisladamente en la zona del vellón. Los lunares de nacimiento se caracterizan por ser áreas redondeadas con fibras de color gris a negro, ubicadas en diferentes zonas, tamaño y número por animal, sin un patrón definido. Se considera que la incidencia de lunares de nacimiento no explicaría por sí sola la incidencia de FP en tops uruguayos (Cardellino, 1992). Los lunares no congénitos que aparecen en la piel con la edad, producen una cantidad variable de FP y se ubican preferentemente en el lomo de los animales (Figura 2). Se cree que son inducidos por los rayos ultravioletas luego de la esquila (Forrest y Fleet, 1986). En la raza Merino, se observó un aumento exponencial del número de lunares con la edad, particularmente a partir de los 5 a 6 años de edad (Fleet 1999; Fleet y Ponzoni, 1985). Por último, las FP aisladas se distribuyen en todo el vellón y pueden aparecer en gran número, siendo muy difíciles de identificar a simple vista en el animal (Fleet y Ponzoni, 1985).



Figura 2. Lunares en lomo

En Uruguay, muestreos realizados en majadas Corriedale (764 animales de dos majadas experimentales), mostraron una incidencia de aproximadamente 71% de ovinos con lunares en la zona de vellón (Kremer *et al.*, 2003), en tanto Pereira *et al.* (2003) obtuvieron una incidencia del 69%, en un estudio basado en 402 ovejas y 268 corderos. Estos autores encontraron además que el 81% de los lunares contenía aproximadamente 20% de FP. En el año 2007, en un trabajo que utilizó 2448 animales de diferentes edades y diferentes orígenes genéticos, se registró un significativo porcentaje de animales (42%) con lunares en la zona de vellón que producían FP, de los cuales el 19% mostró la presencia de lunares con alta incidencia de FP (más del 40% del lunar cubierto; Urioste y Peñagaricano, 2008). Laporta (2008) reportó que un 63% de 2401 animales analizados de 1 a 6 o más años, tuvieron algún tipo de lunar en la zona de vellón, de los cuales 13,5% presentaron lunares sin FP en su interior. Sin embargo, un alto porcentaje (49%) presentó lunares con FP en su interior, de los cuales 18% correspondió a lunares con más del 40% de su superficie cubierto de fibras. Estos estudios a nivel nacional muestran que existe variabilidad fenotípica en la presencia de lunares con FP. Si parte de la variación tuviese una base genética sería posible hacer selección en contra de la presencia de FP.

1.2 FIBRAS MEDULADAS Y KEMP

Las FM se diferencian en la observación microscópica se diferencian por tener un canal central (médula) que aparece de color oscuro por reflejar la luz de la lámpara (Smuts y

Hunter, 1987). Un cierto porcentaje de FM (kemp) es removido durante el procesamiento, principalmente durante el cardado y peinado. Sin embargo, generalmente un pequeño número de FM puede persistir en los tops y afectar el precio final en el mercado. El límite exigido para las FM en tops no está claramente definido, pero considerando que causa problemas en el teñido, se ha sugerido aplicar restricciones similares que en el problema de la contaminación de FO (Hansford y Swan, 2005).

Existen diferentes tipos de médula (Figura 3). La médula en enrejado, la cual es muy ancha en relación al espesor de la fibra, tiene una estructura compuesta por una red de queratina que delimita espacios poliédricos, ocupados por aire. La médula continua simple, se caracteriza por ocupar una proporción de la fibra menor que la médula en enrejado y presenta una estructura filamentosa distinta (mesocorteza); la diferencia de estructura físico – química que presenta esta mesocorteza hace que se refleje la luz a la observación microscópica. La médula interrumpida, es una médula relativamente angosta y se interrumpe en intervalos irregulares en su trayecto a lo largo de la fibra. Finalmente la médula fragmentaria, la cual solo está presente en forma irregular en el centro de la fibra en algunas porciones a lo largo de la longitud de la fibra.

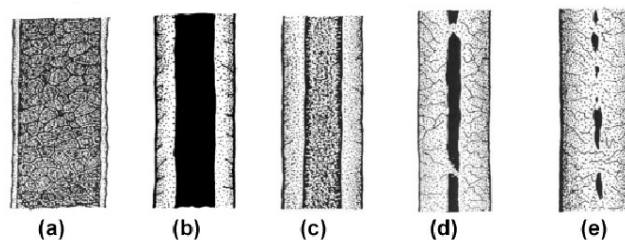


Figura 3. Tipos de médulas: a) kemps, b) y c) fibras con médula continua, d) fibra con médula interrumpida y e) fibra con médula fragmentaria. (Fuente: Balasingam , 2005)

Las FM se pueden clasificar de acuerdo a las definiciones estándar de ASTM (American Society of Testing and Materials) en kemps (K) y en fibras meduladas (MED), según su origen, el largo de la fibra, el tipo de médula y el diámetro de la fibra. Las MED tienen un

diámetro de la médula menor al 60% del diámetro de la fibra, mientras que el diámetro de la médula de los K es 60% o más del diámetro de la fibra (Balasingam, 2005). Los K son un tipo especial de fibras meduladas, se originan generalmente de los folículos primarios; se localizan normalmente en patas y cara, presentan médula en enrejado, de 1 o 2 cm de largo, tienen un crecimiento discontinuo y tienen una alta probabilidad de perderse durante el procesamiento. Las MED pueden presentar médula continua, interrumpida o fragmentaria. El diámetro de la médula aumenta a medida que el diámetro de fibra aumenta y se observa una mayor presencia de MED a medida que el coeficiente de variación del diámetro aumenta (Baxter, 1998).

A nivel nacional, en un estudio de 145 vellones de borregos Corriedale de las majadas experimentales de las Facultades de Agronomía y Veterinaria, se constató que más del 10% de los animales presentaba más de 300 MED por kg de lana limpia (Sienra *et al.*, 2007). De las FM encontradas, el 71% eran K y el 29% MED. Sienra *et al.* (2011) reportaron una alta variabilidad en el contenido de FM, encontraron diferencias significativas entre familias de medio-hermanos para el contenido de FM totales, MED y K por cada 10 g de lana limpia en Corriedale; además observaron una alta proporción de borregos que presentaron mayor contenido de K que de MED. Estos resultados indicaron que el contenido de FM totales fue más alto que el límite aceptado en el mercado.

1.3 ASPECTOS GENÉTICOS

Ambas fibras (oscuras y meduladas) en la lana blanca disminuyen la versatilidad de colores a utilizar en su tinción. Cuando se tiñe la lana de colores claros o pastel, resaltan las FO en las telas, y cuando se tiñe con colores oscuros se destacan las FM (Ryder y Stephenson, 1968).

Para reducir y eventualmente solucionar este problema se deben diseñar y aplicar planes de selección que reduzcan las FP y FM, complementarios del Plan de Acondicionamiento de la Lana que actualmente atiende los efectos ambientales. Un programa de selección requiere

conocer los parámetros genéticos (heredabilidades y correlaciones genéticas) de las características de pigmentación, medulación y características asociadas a su presencia.

A nivel internacional, el conocimiento sobre parámetros genéticos para características de pigmentación es escaso y referido mayoritariamente a las razas Merino (Fleet, 1996; Fleet *et al.*, 2008) y Romney Marsh (Enns y Nicoll, 2002). Esta información tiene limitaciones si se intenta formular un programa de selección en la raza Corriedale, mayoritaria en Uruguay. Andrews *et al.* (1995, citados por Enns y Nicoll, 2002) reportaron una heredabilidad para el logaritmo de concentración FP en razas cruzas (cruzas entre las razas Merino, Romney y Texel) de $0,07 \pm 0,08$. Este valor fue menor al estimado para el logaritmo en base 10 del número de FP por cada 10 g de mecha, por el Fleet *et al.* (1990) en una majada Corriedale ($0,45 \pm 0,22$). Esta última estimación, basada en 377 borregos, padece de problemas de diseño experimental reflejados en el alto error estándar. Otros estudios de Fleet (1996) en borregos Merino arrojaron una heredabilidad de $0,18 \pm 0,12$ para logaritmo en base 10 de concentración de FP aisladas, con errores estándar elevados.

En estudios preliminares a nivel nacional, se determinaron parámetros genéticos de presencia de FP (PFP) y otras características de pigmentación en la raza Corriedale. Urioste *et al.* (2008), Laporta *et al.* (2008) y Rosas (2009), estimaron heredabilidades de PFP de $0,21 \pm 0,10$, $0,20 \pm 0,09$ (basada en 541 animales) y $0,21 \pm 0,06$ (basada en 517 registros) respectivamente, usando parcialmente la misma base de datos.

En cuanto a FM, Sierra *et al.* (2007 y 2011) notaron que su presencia es importante en majadas Corriedale de Uruguay. Sin embargo, la información sobre parámetros genéticos de FM es prácticamente inexistente. A nivel internacional se han obtenido estimaciones de heredabilidad en FM en cabras. Snyman y Olivier (1999) reportaron una heredabilidad para presencia de K de $0,01 \pm 0,04$ para un conjunto de datos recogidos en un esquema de pruebas de rendimiento de cabras Angora y de $0,32 \pm 0,08$ para un conjunto de datos pertenecientes a una majada experimental de cabras Angora. Sin embargo, Allain y Roguet (2006) utilizando 1505 registros, estimaron heredabilidades de $0,32 \pm 0,02$ para el contenido de K y de $0,23 \pm 0,02$ para contenido de MED. Estos últimos autores estimaron

heredabilidades similares para contenido de K y de MED en el 2003 y 2006 (datos no publicados, citados por Allain y Renieri, 2010) de 0,32 y 0,25, respectivamente; y Gifford *et al.* (1991) basándose en 572 registros, reportaron una heredabilidad para K de $0,36 \pm 0,02$ y para porcentaje de MED de cero. Todos estos estudios, tanto a nivel nacional como internacional, muestran que existen niveles importantes de variación aditiva en FP y FM, lo cual es de interés para seleccionar en contra de estas.

1.4 ASOCIACIONES GENÉTICAS CON RASGOS PRODUCTIVOS

Existe una falta de información internacional sobre las asociaciones genéticas entre caracteres de pigmentación y otros más tradicionales y de importancia económica, como diámetro de fibra (DF) y peso de vellón. Fleet (1996) sugiere una asociación positiva entre logaritmo (base 10) de concentración de FP aisladas (LCFP) y algunos caracteres de vellón como peso de vellón limpio (PVL) y peso corporal, y una asociación negativa entre LCFP y DF.

Fleet y Mortimer (datos no publicados), citados por Fleet (1996), estimaron correlaciones fenotípicas y genéticas entre características de pigmentación y características productivas en borregos de la raza Merino. Las correlaciones fenotípicas fueron todas bajas, entre LCFP y PVL fue de -0,02 y entre LCFP y DF de 0,08. Sin embargo, las correlaciones genéticas estimadas fueron de mayor magnitud, aunque con desvíos estándar elevados. La correlación genética entre PVL y LCFP fue de $-0,35 \pm 0,31$; en este caso al aumentar el mérito genético para PVL disminuiría el de número de fibras pigmentadas, lo cual sería favorable para el productor ya que la calidad de su lana aumentaría seleccionando por mayor peso de vellón. Sin embargo, estas estimaciones no coinciden con lo propuesto por Sponenberg (1997), que la tendencia general es que las fibras gruesas tienden a ser de pigmentación oscura y las fibras finas tienen menos posibilidades de pigmentación. Y la correlación genética entre DF y LCFP estimadas por Fleet y Mortimer fue $-0,67 \pm 0,25$, lo cual sería desfavorable, debido que al seleccionar por menor DF aumenta el número de FP.

Fleet *et al.* (1990) realizaron una prueba de progenie para carneros Corriedale, a partir de la cual dilucidaron que las correlaciones fenotípicas entre el logaritmo (base 10) de concentración de FP y características productivas como peso de cuerpo, peso de vellón sucio (PVS) y limpio (PVL), DF y largo de mecha fueron bajas y negativas (entre 0 y -0,18). El estudio fue hecho con pocos animales (377 vellones de borregos), no reportándose estimaciones de correlaciones genéticas.

Para la variable FM, se han reportado correlaciones de PVS, DF y contenido de K y MED en cabras y llamas. Allain y Roguet (2003) estimaron una correlación genética de $0,57 \pm 0,03$ y una correlación fenotípica de -0,14 entre PVS y contenido de K, basadas en 10.628 registros de PVS y 2778 registros de K. Estos mismos autores en el 2006 estimaron correlaciones genéticas (basada en 1505 registros) entre PVS y contenido de K de $0,07 \pm 0,07$, entre PVS y contenido de MED fue de $0,01 \pm 0,09$, entre DF y contenido de K de $0,49 \pm 0,04$, entre DF y contenido de MED de $0,32 \pm 0,05$ y finalmente una alta correlación ($0,70 \pm 0,07$) entre el contenido de K y de MED. Gifford *et al.* (1991) obtuvieron a partir de 572 cabras, estimaciones de correlaciones fenotípicas entre DF y porcentaje de MED, de 0,39, de 0 entre DF y K, de 0,14 entre PVS y porcentaje de MED, de -0,18 entre PVS y K, de 0,16 entre PVL y porcentaje de MED y de -0,17 entre PVL y K. Wurzinger *et al.* (2006), analizando datos de 2533 muestras, estimaron correlaciones genética y residual en llamas entre DF y proporción de K de $0,37 \pm 0,11$ y $0,47 \pm 0,05$, respectivamente. Estas estimaciones de parámetros genéticos en cabras y llamas proveen una referencia inicial pero son de limitada utilidad cuando se trata de plantear un programa de selección en la raza Corriedale.

En consecuencia, la investigación que produzca mayor conocimiento sobre parámetros genéticos, heredabilidad y correlaciones genéticas entre fibras (FP, MED y K) y caracteres de vellón de importancia económica, tales como peso de vellón y DF, presentará un alto nivel de originalidad.

1.5 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

1.5.1 Hipótesis planteada

Existencia de variabilidad genética en las características bajo estudio, presencia de fibras objetables: fibras pigmentadas (BINPFP), kemp (BINPK), MED (BINPMED); peso de vellón limpio (PVL) y diámetro de la fibra (DF). Las estimaciones de heredabilidad de las características resultan de magnitud media a alta, lo que permite la posibilidad de selección y las estimaciones de correlación genética son favorables o neutras entre fibras objetables y caracteres de vellón. Además las respuestas a la selección directa e indirecta en fibras son favorables.

1.5.2 Objetivo general

El objetivo general de esta tesis fue estudiar la variabilidad genética de la presencia de fibras objetables (pigmentadas y meduladas) y de caracteres de vellón, tales como peso de vellón y diámetro de fibra; y la respuesta directa y correlacionada en fibras objetables al seleccionar por caracteres de vellón.

1.5.3 Objetivos específicos

- Descripción de la variabilidad fenotípica de las características analizadas.
- Estimar heredabilidad de presencia de: fibras pigmentadas (BINPFP), fibras meduladas (BINPMED) y kemp (BINPK).
- Estimar heredabilidad de caracteres de vellón (PVL y DF).
- Estimar correlaciones genéticas entre las características BINPFP, BINPMED, BINPK y caracteres de vellón.
- Estimar respuesta total de la selección en presencia de fibras objetables (BINPFP, BINPMED y BINPK).

- Estimar respuesta correlacionada en fibras objetables (BINPFP, BINPMED y BINPK) al seleccionar por caracteres de vellón.

La parte central de esta tesis consiste en un artículo científico que aborda estos objetivos. El artículo se titula "Parámetros genéticos en fibras y caracteres de vellón; y respuesta a la selección en Corriedale", fue escrito según las instrucciones de la Revista Agrociencia, y se estudió la variabilidad y las relaciones genéticas entre fibras objetables (BINPFP, BINPMED y BINPK) y caracteres del vellón de importancia económica en la raza Corriedale. Adicionalmente, se analiza la respuesta generacional esperada a la selección en fibras objetables y la respuesta correlacionada en fibras objetables al seleccionar por caracteres de vellón usados tradicionalmente en selección. En el tercer capítulo de esta tesis se presenta una discusión y conclusiones generales.

2 PARÁMETROS GENÉTICOS EN FIBRAS Y CARACTERES DE VELLÓN Y RESPUESTA A LA SELECCIÓN EN CORRIEDALE

Parámetros genéticos en fibras y caracteres de vellón y respuesta a la selección en Corriedale

Sánchez Ana Laura¹, Urioste Jorge I.¹, Neimaur Karina², Sierra Ines² y Kremer Roberto²

1-Departamento de Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía. Av. Garzón 780.

12900 Montevideo, Uruguay. analaus85@gmail.com

2- Facultad de Veterinaria, Lasplaces 1620. 11300 Montevideo, Uruguay.

2.1 Resumen

Parámetros genéticos en fibras y caracteres de vellón y respuesta a la selección en

Corriedale. El objetivo fue estudiar la variabilidad y las relaciones genéticas entre presencia de fibras objetables: pigmentadas(BINPFP), meduladas (BINPMED) y Kemp(BINPK); y caracteres del vellón en Corriedale. Adicionalmente, se analizó la respuesta generacional esperada a la selección en fibras objetables y la respuesta correlacionada en fibras al seleccionar por caracteres de vellón. Se contó con registros de fibras de 679 animales y de vellón de 790 animales. Se estimaron heredabilidades y correlaciones genéticas con un modelo animal multivariado bajo supuesto bayesiano. Se calculó la respuesta total a la selección en fibras objetables y la respuesta indirecta al seleccionar por diámetro de fibra(DF) o peso de vellón limpio (PVL). Las heredabilidades (desvío estándar posteriori) para BINPFP, BINPMED y BINPK fueron de 0,35(0,08), 0,37(0,10) y 0,63(0,09); y para PVL y DF de 0,42(0,09) y 0,43(0,08), respectivamente. La correlación genética entre PVL y fibras, y entre DF y BINPK se estimaron con gran incertidumbre y no difirieron significativamente de cero. Sin embargo, las correlaciones genéticas de DF con BINPFP y BINPMED fueron de magnitud alta y positiva, 0,56(0,19) y 0,50(0,19). Las respuestas totales a la selección fueron negativas y la correlacionada en BINPFP, BINPMED y BINPK al seleccionar por PVL fueron -0,303(0,111), 0,027(0,113) y -0,047(0,175); y al seleccionar por DF fueron -0,262(0,106), -0,264(0,109) y -0,138(0,155), respectivamente. Estos resultados fueron son de especial interés ya que son escasos los antecedentes tanto nacionales como internacionales.

Palabras claves: Corriedale, heredabilidad, correlación genética, respuesta.

2.2 Summary

Genetic parameters in fibres and fleece characters and response to selection in Corriedale. The objective was to study the variability and genetic relationships among the presence of objectionable fibres: pigmented (BINPPF), medullated (BINPMED) and kemp (BINPK), and fleece characters in Corriedale. Additionally, we analyzed the expected generational response to selection in objectionable fibres and correlated response in objectionable fibres when selecting for fleece characters. Records of fibres from 679 animals and records of fleece from 790 animals were used. We estimated heritability and genetic correlations with a multivariate animal model in a Bayesian setting. We calculated the total response to selection against objectionable fibres and the indirect response in fibres selecting for fibre diameter (FD) or clean fleece weight (CFW). The heritabilities (posterior standard deviation) for BINPPF, BINPMED, BINPK were 0.35(0.08), 0.37(0.10) and 0.63(0.09); and for CFW and FD were 0.42(0.09) and 0.43(0.08), respectively. The genetic correlation between CFW and objectionable fibres, and between FD and BINPK were estimated with great uncertainty and did not differ significantly to zero. However, the genetic correlations of FD with BINPPF and BINPMED were of high magnitude and positive, 0.56(0.19) and 0.50(0.19). The expected total response was negative and the correlated response in BINPPF, BINPMED and BINPK when selecting for CFW were -0.303(0.111), 0.027(0.113) and -0.047(0.175); and when selecting for FD were -0.262(0.106), -0.264(0.109) and -0.138(0.155), respectively. These results are of interest because there is a lack of research both at national and international level.

Key words: Corriedale, heritability, genetic correlation, response.

2.3 Introducción

Uruguay es un país exportador de lana, con un stock actual de unos 8,23 millones de ovinos (DI.CO.SE, 2012) y un valor de exportación en el periodo Febrero 2012 - Enero 2013 de 360 millones de dólares (Frade, 2013). La lana es naturalmente blanca pero puede poseer un cierto número de fibras objetables (fibras oscuras (FO) y fibras meduladas (FM)) que al momento de su procesamiento disminuyen la versatilidad de colores a utilizar en su tinción. Cuando se tiñe la lana de colores claros o pastel, resaltan las FO en las telas, y cuando se tiñe con colores oscuros, se destacan las FM (Ryder y Stephenson, 1968).

Las FO son aquellas que se apartan del color blanco, con un grado de coloración mayor a 5 en una escala de 0 a 8 (el 0 es una fibra blanca y el 8 es una fibra negra) y de más de 10 mm de largo (Foulds *et al.*, 1984). El origen de estas es tanto ambiental (tinción de la fibra con orina, materia fecal y productos químicos) como genético (producción de fibras pigmentadas con melanina, FP). Las FM en la observación microscópica se diferencian por tener un canal central (médula) que aparece de color oscuro porque refleja más la luz de la lámpara (Smuts y Hunter, 1987). Éstas se clasifican en kemps (K) y en fibras de lana medulada (MED); los primeros son fibras de gran diámetro, con médula en enrejado, de 1 o 2 cm de largo, de crecimiento discontinuo, que se localizan normalmente en patas y cara. Y las MED son aquellas en que el diámetro de la médula es menor al 60% del diámetro de la fibra y se puede presentar en forma continua, discontinua o fragmentaria. El límite mínimo exigido por los mercados de calidad para las FO es menos de 300 FO/kg para raza de finura media (Frank

Raquet, 2013, com. pers.), y para las FM en tops no está totalmente definido, pero se ha sugerido aplicar restricciones similares que en el problema de FO (Hansford y Swan, 2005).

Para contribuir a solucionar este problema se deben diseñar y aplicar planes de selección que reduzcan las FP y FM; para esto se requiere conocer los parámetros genéticos de las características de pigmentación y características asociadas a su presencia. A nivel internacional, el conocimiento sobre parámetros genéticos para características de pigmentación es escaso y referido mayoritariamente a las razas Merino (Fleet, 1996; Fleet *et al.*, 2008) y Romney Marsh (Enns y Nicoll, 2002). A nivel nacional se determinaron parámetros genéticos de FP y otras características de pigmentación en Corriedale, usando parcialmente la misma base de datos (Urioste *et al.*, 2008; Laporta *et al.*, 2008 y Rosas, 2009). En cuanto a FM, Sierra *et al.* (2007 y 2011) notaron que su presencia es importante en majadas Corriedale de Uruguay, y a nivel internacional se han obtenido estimaciones de heredabilidad en FM en cabras (Allain y Roguet, 2006 y Gifford *et al.*, 1991). Existe muy poca información, tanto a nivel internacional como nacional, sobre las asociaciones genéticas entre caracteres de pigmentación y caracteres productivos. Se estimó a nivel internacional una asociación positiva entre FP y algunas características de importancia económica como peso de vellón limpio y peso corporal (Fleet, 1996), lo cual es desfavorable para el productor. Con respecto a las FM, a nivel internacional se han reportado correlaciones de caracteres de vellón y contenido de K y MED pero en cabras y llamas (Allain y Roguet, 2003 y 2006; Wurzinger *et al.*, 2006). Estas estimaciones de parámetros genéticos en otras razas de ovinos, en cabras y llamas pueden brindar una referencia inicial pero son de limitada utilidad para plantear un programa de selección en la raza Corriedale. El objetivo de este trabajo fue

estudiar la variabilidad y las relaciones genéticas (heredabilidades y correlaciones genéticas) entre presencia de fibras objetables: FP (BINPFP), MED (BINPMED) y K (BINPK) y caracteres del vellón de importancia económica (diámetro de fibra (DF) y peso de vellón) en la raza Corriedale. Adicionalmente, se analizó la respuesta generacional esperada a la selección en fibras objetables y la respuesta correlacionada en fibras objetables al seleccionar por caracteres de vellón usados tradicionalmente en selección.

2.4 Materiales y métodos

2.4.1 *Animales experimentales*

Se utilizaron animales provenientes de dos majadas experimentales de la raza Corriedale (350 hembras cada una) de la Estación Experimental Bernardo Rosengurtt (Facultad de Agronomía) y el Campo Experimental N° 1 Migue (Facultad de Veterinaria). Estas majadas fueron apareadas desde el año 2002 de acuerdo a un diseño experimental de familias de medio hermanos paternos (Lynch y Walsh, 1998, Cap. 21) y conectadas genéticamente a través del uso común de carneros, lo cual facilita una estimación eficiente de parámetros genéticos. El manejo fue el de un sistema productivo tradicional, de pastoreo mixto, con bovinos y sobre pasturas naturales, con esquila en Octubre y Noviembre, encarnerada en marzo y abril, parición en agosto y setiembre, señalada al finalizar la parición y destete en noviembre y diciembre. En ambas estaciones experimentales se realizó esquila Tally-Hi en borregos y borregas. En general, en Bernardo Rosengurtt se esquilaban los corderos en Diciembre y Enero, y en Campo Experimental N° 1 Migue no se realizaba esquila de corderos.

2.4.2 Base de datos

La base de datos contiene información genealógica de 3792 borregos y borregas provenientes de las dos majadas. Los carneros utilizados (Cuadro 1) fueron comprados de afuera y el criterio para esto fue que tuvieran las características estándar de la raza Corriedale y de distintas zonas del país para que fuesen representativos.

Cuadro 1. Número de hijos por carnero.

Carnero	Numero de hijos
bta381	86
mta276	69
mta3060	73
mta4421	79
mta4430	50
bta158	9
bta2790	70
bta329	25
bta352	26
bta394	84
bta716	38
bta3	72
bta178	5
bta99999	25
mta1369	17
bta3194	28
bta60	1
bta8417	39

Se dispuso de registros de fibras de 679 animales, registros de peso de vellón sucio (PVS) de 795 animales, de peso de vellón limpio (PVL) de 773 animales y para DF de 790 animales, obtenidos en las esquilas 2005, 2006 y 2007 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Número de borregos y borregas registrados por año (número de carneros utilizados) y estación experimental (Bernardo Rosengurt y Migues) para peso de vellón sucio (PVS), peso de vellón limpio (PVL) diámetro de fibra (DF), fibras pigmentadas (FP), fibras meduladas (MED) y kemp (K)

	Estación Exp. Bernardo Rosengurt			Estación Exp. Migues			Total
	2005 (7)	2006 (9)	2007 (5)	2005 (5)	2006 (4)	2007 (6)	
PVS	183	137	65	81	169	160	795
PVL	183	137	64	60	169	160	773
DF	165	137	64	95	169	160	790
FP	187	86	65	153	130	58	679
MED	187	86	65	153	130	58	679
K	187	86	65	153	130	58	679

2.4.3 Registros de características de vellón

Durante la esquila se tomó el PVS acondicionado (menor que el PVS clásico, sin acondicionar) y se extrajeron muestras de zona de costilla para realizar mediciones de rendimiento al lavado y DF promedio. El DF promedio se midió con el Air-Flow (IWTO 28 2009) y para el rendimiento al lavado se pesó una muestra de 100 g; el PVL fue calculado como: $(PVS \times \text{rendimiento}) / 100$ (IWTO 33).

2.4.4 Registros de fibras objetables: pigmentadas, meduladas y kemps

Las muestras de lana se obtuvieron de vellones recién esquilados, los cuales se extendieron sobre una mesa de acondicionamiento, colocando una grilla de plástico sobre el vellón y extrayendo 104 mechas procedentes de diferentes zonas para la detección de FP y FM (metodología de Fleet y Stafford, 1989).

En el Laboratorio de Lanasy de la Facultad de Veterinaria se prepararon y lavaron las muestras obtenidas, reduciendo las mechas de cada animal a muestras de aproximadamente 2,5 g cada una. Se acondicionaron 12 h en el laboratorio, con atmósfera controlada ($20 \pm 2^\circ$ C y $65 \pm 2\%$ de humedad) a los efectos de que la lana absorbiera la humedad ambiente (aproximadamente un 16%) y se tomaran los pesos de las muestras en condiciones estándar. El conteo de las fibras se realizó en una lupa con iluminación balanceada superior e inferior, utilizando el IWTO Draft Test Method 13-97. Las fibras objetables (FO y FM) encontradas en la lupa se retiraron con una pinza para su observación microscópica. Las FO se clasificaron en ambientales y genéticas, según la presencia o no de gránulos de melanina en el interior de las mismas, y las FM se clasificaron en K y en MED, y estas últimas según su tipo de médula. En este trabajo solo se utilizaron las FO de origen genético.

2.4.5 Análisis estadístico

Se calcularon estadísticas descriptivas (media, desvío estándar, valores máximos y mínimos) para caracteres de vellón, FP por kg de lana lavada (FP/kg), K por kg de lana lavada (K/kg) y MED por kg de lana lavada (MED/kg).

Se utilizó el siguiente modelo de efectos fijos para las variables PVS, PVL, DF, FP/kg, K/kg y MED/kg:

$$y_{ijklm} = \text{año-majada}_i + \text{edad_madre}_j + \text{tipo_nac}_k + \text{sexo}_l + \text{padre}_m + e_{ijklm}$$

Donde y_{ijklm} es el valor observado de la característica medida en el animal individual, año-majada_i es el efecto ambiental fijo de la combinación de la majada y el año de la toma de registro, edad_madre_j es el efecto de la edad de la madre, tipo_nac_k es el efecto de tipo de nacimiento (único, mellizo o trillizo), sexo_l es el efecto fijo del sexo, padre_m es el efecto fijo del padre y e_{ijklm} el efecto residual. La edad de la medición no fue incluida en el modelo debido a que la diferencia de edad en los registros no es notoria debido a que son medidas al año de edad (borregos). Las diferencias de medias entre niveles dentro de cada efecto fijo fueron probadas estadísticamente, a través de TukeyHSD en el lenguaje R (R Core Team, 2012).

Estudios previos (Sánchez *et al.*, 2012) sugirieron la conveniencia de considerar las variables de fibras como variables binarias, debido a su sencillez de su medición y posterior análisis. Las variables binarias se analizaron utilizando un modelo umbral (Wright, 1934) bajo los supuestos Bayesianos. Este modelo asume que una característica discontinua tiene una distribución normal y para que sea expresada, un determinado valor umbral en una escala continua, subyacente, debe ser cruzado. Las respuestas binarias observadas serán 0

(ausencia) o 1 (presencia) según si la susceptibilidad es capaz de rebasar o no el valor umbral. Por lo tanto en este trabajo las variables presencia de: FP, MED y K, se consideraron binarias, nombrándolas BINPFP, BINPMED y BINPK, respectivamente.

Para el análisis genético se utilizó un modelo animal multivariado, con el cual se analizaron simultáneamente las cinco características estudiadas, donde y_1 es el vector de observaciones de PVL, y_2 es el vector de observaciones de DF, y_3 es el vector de observaciones de BINPFP, y_4 es el vector de observaciones de BINPMED e y_5 es el vector de observaciones de BINPK; todas medidas en el animal individual. El PVS no fue analizado debido a su alta correlación con PVL, lo cual ocasionaba problemas de convergencia en el análisis. El modelo fue descrito como:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \\ y_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & X_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & X_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & X_4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X_5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & Z_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & Z_4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & Z_5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \\ e_4 \\ e_5 \end{bmatrix}$$

donde X_1, X_2, X_3, X_4 y X_5 , son matrices de incidencia que relacionan las observaciones con los efectos fijos b_1, b_2, b_3, b_4 y b_5 . Los efectos fijos en este modelo fueron los mismos que en el modelo descrito para testar las diferencias de medias, excepto el efecto padre que fue sustituido por el efecto animal. Este último, a_1, a_2, a_3, a_4 y a_5 , es el efecto genético aditivo del animal considerando simultáneamente todos los parentescos; Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 y Z_5 , son matrices de incidencia que relacionan las observaciones con el efecto animal; y e_1, e_2, e_3, e_4 y e_5 es el efecto ambiental aleatorio del error; con $e \sim N(0, R_0 \otimes I)$, donde:

$$R_0 = \begin{bmatrix} \sigma_{e_1}^2 & \sigma_{e_1 e_2} & \sigma_{e_1 e_3} & \sigma_{e_1 e_4} & \sigma_{e_1 e_5} \\ & \sigma_{e_2}^2 & \sigma_{e_2 e_3} & \sigma_{e_2 e_4} & \sigma_{e_2 e_5} \\ & & \sigma_{e_3}^2 & \sigma_{e_3 e_4} & \sigma_{e_3 e_5} \\ & & & \sigma_{e_4}^2 & \sigma_{e_4 e_5} \\ sim. & & & & \sigma_{e_5}^2 \end{bmatrix}$$

El efecto genético aditivo del animal se asumió que tenía una distribución normal multivariada, $a \sim N(0, G_0 \otimes A)$, donde G_0 es una matriz de (co)varianzas entre el efecto animal y A es la matriz de parentescos aditivos entre los animales.

Se utilizó el programa Thrgibbs1f90 (Misztal *et al.*, 2002), a partir del cual se estimaron los componentes de varianza y covarianza que permitieron calcular heredabilidades y correlaciones genéticas entre las características. Valores iniciales de varianzas y covarianzas para este análisis se obtuvieron de análisis bivariados de las características en estudio realizados previamente. Los análisis se hicieron con una cadena de 200.000 iteraciones, donde las primeras 20.000 fueron descartadas (burn-in), y las muestras se obtuvieron de las siguientes 180.000 cada 16 iteraciones, quedando 11250 muestras finales.

La heredabilidad y correlaciones genéticas se calcularon con el paquete BOA en el lenguaje R como:

$h^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_A^2 + \sigma_e^2}$ y $r_A = \frac{COV_{A1A2}}{\sigma_{A1} * \sigma_{A2}}$, respectivamente. Se definieron los siguientes rangos de clasificación de correlación: muy baja (valores entre 0 y 0,2), baja (valores entre 0,2 y 0,4), moderada (valores entre 0,4 y 0,6), alta (valores entre 0,6 y 0,8) y muy alta (valores mayores

a 0,8). A partir de la distribución *a posteriori* se determinó la probabilidad de que las correlaciones genéticas fuesen mayores a cero.

Se calculó la respuesta a la selección en la característica de interés (Walsh, 2008), la cual se descompuso en sus componentes directo e indirecto:

$$R_j = G_{jj} \beta_j + \sum_{i \neq j} G_{ij} \beta_i = \sigma^2(A_j) \beta_j + \sum_{i \neq j} \sigma(A_j, A_i) \beta_i$$

El primer término de esta ecuación es la respuesta directa del carácter j (objetivo de selección, fibra objetable) y el segundo término es la respuesta indirecta de j al seleccionar por i (siendo i el criterio de selección); $\sigma^2(A_j)$ es la varianza aditiva del carácter j (objetivo de selección), $\sigma(A_j, A_i)$ es la covarianza aditiva entre el carácter j e i (entre el objetivo y criterio de selección), y β es el gradiente de selección del carácter i (criterio de selección), el cual se calculó como:

$\beta = S / \sigma_P^2$ donde σ_P^2 es la varianza fenotípica del carácter y S es el diferencial de selección.

Las varianzas fenotípicas se calcularon sumando la varianza aditiva y la varianza residual obtenidos en el análisis. El diferencial de selección (S) de cada característica se calculó como:

$$S = i \sigma_P$$

donde: i es la intensidad de selección, la cual se asumió igual a 1 en el caso de PVL y -1 para las características que nos interesa disminuir (DF y fibras objetables) y σ_P es el desvío estándar fenotípico de la característica respectiva.

Por último, se calculó la respuesta indirecta en fibras al seleccionar por DF o por PVL, de la siguiente manera (Walsh, 2008):

$RC_j = G_{ij} \beta_j = \sigma(A_j, A_i) \beta_i$, donde, $\sigma(A_j, A_i)$ es la covarianza aditiva entre el carácter j e i (objetivo de selección y criterio de selección), y β es el gradiente de selección del carácter i (criterio de selección).

2.5 Resultados

2.5.1 Estadísticas descriptivas

En el Cuadro 3 se muestran estadísticas descriptivas de PVS, PVL, DF, FP/kg, MED/kg y K/kg. De los animales analizados, un 50% presentó FP, en un 73% se observó PK y un 39% de los animales presentó MED. Un 12%, 38 animales procedentes de Migues y 46 animales procedentes de Bernardo Rosengurtt, tuvieron más de 300 FP/Kg de lana lavada.

Cuadro 3. Media, desvío estándar, mínimo y máximo de peso de vellón sucio (PVS), peso de vellón limpio (PVL), diámetro de fibra (DF), fibras pigmentadas por kg de lana lavada (FP/kg), fibras meduladas por kg de lana lavada (MED/kg) y fibras kemp por kg de lana lavada (K/kg) en ovinos Corriedale

	PVS (kg)	PVL (kg)	DF (micras)	FP/kg (Nº)	MED/kg (Nº)	K/kg (Nº)
Promedio	2,10	1,64	25,8	231	305	234
Desvío	0,52	0,43	3,8	901	1045	452
Mínimo	1,00	0,65	14,8	0	0	0
Máximo	3,86	3,00	37,9	2052	11308	4855

.5.2 Efectos fijos

El Cuadro 4 muestra las medias y desvío estándar según majada experimental (Bernardo Rosengurtt o Campo Experimental N°1 Migués) y según año de esquila (2005, 2006 o 2007) para caracteres de vellón y para fibras por kg de lana lavada.

Cuadro 4. Medias (Desvío estándar) según majada (Bernardo Rosengurtt o Campo Experimental N°1 Migués) y según año de esquila (2005, 2006 o 2007) para peso de vellón sucio (PVS), peso de vellón limpio (PVL), diámetro de fibra (DF), fibras pigmentadas por kg de lana lavada (FP/kg), fibras meduladas por kg de lana lavada (FMED/kg) y kemp por kg de lana lavada (K/kg) en la raza Corriedale

	Bernardo Rosengurtt			Campo experimental N°1 Migués		
	2005	2006	2007	2005	2006	2007
PVS	2,17 (0,42)	2,72 (0,49)	2,05 (0,42)	1,96 (0,35)	1,74 (0,32)	1,97 (0,42)
PVL	1,61 (0,33)	2,15 (0,40)	1,66 (0,38)	1,56 (0,29)	1,35 (0,26)	1,58 (0,36)
DF	25,7 (2,7)	31,9 (2,8)	24,8 (2,4)	24,9 (2,2)	23,1 (1,9)	24,2 (2,0)
FP/kg	267 (1043)	105 (259)	43 (129)	264 (678)	420 (1411)	0
MED/kg	37 (119)	544 (1827)	467 (1224)	172 (772)	200 (549)	1215 (1579)
K/kg	83 (134)	222 (487)	181 (155)	380 (660)	266 (508)	336 (281)

El efecto majada-año y el efecto padre fueron significativos en las características analizadas. Los efectos edad de la madre y tipo de nacimiento no fueron significativos para ninguna de las características. El efecto sexo no fue significativo para PVS, PVL, FM/kg ni K/kg, pero sí lo fue para FP/kg y DF. En FP/kg el promedio de los machos fue de 316 FP/kg y el de las hembras fue de 147 FP/kg. En DF, el promedio de las hembras fue mayor que el de los machos, 26,1 micras y 25,4 micras, respectivamente. En el caso de DF probablemente estas diferencias puedan deberse a particularidades de manejo; y en FP/kg, esta diferencia puede

estar explicada por el azar, ya que algunos machos presentaron un número muy alto de FP/kg, lo cual hace que el promedio sea mayor.

2.5.3 Análisis genético

El Cuadro 5 ilustra los resultados de las estimaciones de los parámetros genéticos para las variables analizadas.

Cuadro 5. Estimación *a posteriori* de parámetros genéticos (desvíos estándar posteriori) de peso de vellón limpio (PVL), diámetro de fibra (DF), presencia de fibras meduladas (BINPMED), presencia de fibras kemp (BINPK) y presencia de fibras pigmentadas (BINPFP) en ovinos Corriedale; heredabilidades en la diagonal y correlaciones genéticas encima de la diagonal y correlaciones fenotípicas debajo de la diagonal

	PVL	DF	BINPMED	BINPK	BINPFP
PVL	0,42 (0,09)	0,51 (0,14)	0,04 (0,22)	-0,05 (0,19)	-0,05 (0,22)
DF	0,34 (0,04)	0,43 (0,08)	0,50 (0,19)	0,15 (0,17)	0,56 (0,19)
BINPMED	0,02 (0,06)	0,14 (0,06)	0,37 (0,10)	0,57 (0,15)	0,26 (0,125)
BINPK	-0,05 (0,06)	0,00 (0,06)	0,49 (0,06)	0,63 (0,09)	0,31 (0,19)
BINPFP	-0,05 (0,06)	0,02 (0,06)	0,01 (0,07)	0,11 (0,07)	0,35 (0,08)

Las estimaciones de heredabilidad de los caracteres de vellón y fibras resultaron de magnitud media. La correlación genética entre DF y PVL fue positiva y moderada (Cuadro 5), la probabilidad de que esta correlación fuera mayor a 0 fue de 1; y la correlación fenotípica entre ellas también fue positiva y baja.

Las correlaciones genéticas y fenotípicas entre caracteres de vellón y BINPK no fueron distintas de cero, con gran incertidumbre reflejada en los altos DE (Cuadro 5). Sin embargo, la

probabilidad de que las correlaciones genéticas entre PVL y BINPK y entre DF y BINPK, fueran mayores a 0 fue de 0,59 y 0,82, respectivamente.

Al igual que el caso anterior, las correlaciones genética y fenotípica entre PVL y BINPMED no fueron distintas de cero (Cuadro 5), pero la probabilidad de que la correlación genética fuera mayor que 0 fue de 0,59. La correlación genética entre DF y BINPMED fue moderada y positiva (Cuadro 5), y la probabilidad de que fuese mayor que 0 fue de 0,99. Sin embargo la correlación fenotípica entre estas características fue muy baja.

Las correlación genética y fenotípica entre BINPFP y PVL se estimaron en $-0,05 \pm 0,22$ y $-0,05 \pm 0,06$ respectivamente, las cuales no difieren de cero y la probabilidad de que la correlación genética fuera mayor a 0 fue de 0,39. La correlación genética entre las BINPFP y DF, fue de $0,56 \pm 0,19$, de moderada y positiva, con una probabilidad de 0,99 presentar un valor mayor a 0. Sin embargo, la correlación fenotípica entre ellas fue de $-0,02 \pm 0,06$.

Por último, las correlaciones genéticas entre BINPFP y BINPK y entre BINPFP y BINPMED fueron ambas bajas y positivas (Cuadro 5), y la probabilidad de que estas estimaciones fuesen mayores a 0 fue de 0,94 y 0,86, respectivamente. Las estimaciones de correlaciones fenotípicas entre BINPFP y BINPK y entre BINPFP y BINPMED, fueron muy bajas. La correlación genética entre BINPMED y BINPK fue moderada y positiva (probabilidad de ser mayor a 0 de 1) y la correlación fenotípica también fue moderada y positiva.

2.5.4 Respuesta a la selección

En el Cuadro 6 se muestra la respuesta generacional total esperada a la selección en fibras (BINPFP, BINMED y BINK), descompuesta en sus componentes directos (seleccionando directamente por BINPFP, BINMED o BINK) e indirectos (respuestas en BINPFP, BINMED o BINK considerando todas las demás características). Todas las respuestas totales (directa e indirecta) esperadas en la selección fueron negativas.

Cuadro 6. Respuesta generacional a la selección (desvío estándar) de presencia de fibras meduladas (BINPMED), fibras kemp (BINPK) y fibras pigmentadas (BINPFP), descompuesta en el componente directo e indirecto, respuesta total y la respuesta correlacionada en fibras (meduladas, kemp y pigmentadas) seleccionando por caracteres de vellón (peso de vellón limpio (PVL) y diámetro de fibra (DF)) en ovinos Corriedale

	Respuesta a la selección			Respuesta correlacionada seleccionando por:	
	Directa	Indirecta	Total	PVL	DF
BINPMED	-0,484 (0,163)	-0,853 (0,283)	-1,337 (0,399)	0,027 (0,113)	-0,264 (0,109)
BINPK	-1,096 (0,335)	-0,930 (0,401)	-2,026 (0,675)	-0,047 (0,175)	-0,138 (0,155)
BINPFP	-0,430 (0,135)	-0,586 (0,232)	-1,016 (0,301)	-0,303 (0,111)	-0,262 (0,106)

Los grandes desvíos estándar en la respuesta esperada en BINPK al seleccionar por PVL y DF (Cuadro 6) no permitieron predecir cambios significativos en la media de BINPK. Al igual que en caso anterior el gran DE de la respuesta correlacionada en BINPMED al seleccionar por PVL, no permite predecir cómo serán los cambios en la respuesta de BINPMED al seleccionar por PVL. En cambio, la respuesta en BINPMED al seleccionar por DF fue de

-0,264 ± 0,109, la cual es una respuesta favorable para el productor, debido que al seleccionar por menor DF disminuye PMED.

Las respuestas esperadas en BINPFP al seleccionar por PVL y por DF fueron negativas (Cuadro 6). En ambos casos, la respuesta a la selección es favorable para el productor, debido que al seleccionar por menor DF o por mayor PVL va a disminuir la BINPFP.

2.6 Discusión

2.6.1 *Aspectos generales*

El interés de este trabajo fue saber si existe variabilidad genética en las características analizadas; conocer si se relacionan entre sí las fibras objetables y con características de vellón; y tener en cuenta qué pasaría si se seleccionara directamente en contra de fibras, o alternativamente, indirectamente seleccionando por PVL o DF. Como fue mencionado anteriormente, existe una falta de información nacional e internacional sobre las asociaciones genéticas entre caracteres de vellón y fibras; por lo tanto, las estimaciones obtenidas en este trabajo en la raza Corriedale son de gran importancia. Una de las limitaciones fue que se contó con pocos registros de fibras objetables, lo cual genera incertidumbre, especialmente en la estimación de correlaciones genéticas. Sin embargo, se desarrolló un sistema planificado con familias de medio-hermanos para minimizar dicha incertidumbre, recolectando información normalmente muy engorrosa de medir, razón por la cual la información nacional e internacional es casi inexistente. A su vez, el enfoque bayesiano también ayuda a cuantificar debidamente los niveles de incertidumbre.

El componente descriptivo de este estudio aporta evidencias sobre la existencia de importante variabilidad fenotípica presente en las características analizadas. Los promedios de PVS y PVL fueron de 2,10 kg y 1,64 kg respectivamente. Estos resultados fueron menores que los encontrados en la misma raza para primer vellón de $3,82 \pm 1,26$ de PVS y $2,97 \pm 0,95$ de PVL (datos de distintos años y cabañas, Diego Gimeno, 2013, com. Pers.) y a los reportados por Ciappesoni *et al.* (2013a.) de $3,8 \pm 1,3$ para PVS y de $3,0 \pm 0,9$ para PVL en Corriedale. Además, están por debajo de los valores reportados por Ciappesoni *et al.* (2006) de 2,85 kg para PVS y 2,16 kg en PVL pero en la raza Merino. Una posible explicación de estos resultados es que en este trabajo el PVS utilizado fue el del vellón acondicionado. El DF dio un promedio de 25,76 micras, valor por debajo de lo esperado para borregos Corriedale, que se sitúa entre 29,3 y 29,8 micras aproximadamente (Garín, 2012) y es consistente con lo reportado por Cippesoni *et al.* (2013 a) de $26,1 \pm 3$ en Corriedale.

El 12% de los animales estudiados tuvo más de 300 FP/Kg de lana lavada, excediendo el mínimo permitido de FP por los mercados de calidad. Un 32% de los animales presentó mas de 300 FM/kg de lana lavada, un valor mayor que el obtenido por Sierra *et al.* (2007) de más de un 10% pero utilizando datos de 145 animales.

El efecto majada-año para las características estudiadas fue importante (Cuadro 4), el cual puede estar explicado por componentes genéticos y también de manejo; al diferente nivel genético inicial de las majadas, o eventualmente pudo haber existido un efecto ambiental diferente (diferentes momentos de esquila), con las consiguientes deferencias en radiación UV a lo largo del tiempo.

2.6.2 Análisis genético

La estructura familiar establecida, grupos de medio-hermanos paternos, permitió estimar parámetros genéticos relevantes con una precisión razonable. El valor de heredabilidad para BINPFP fue moderada (Cuadro 5), similar a la descrita por Laporta *et al.* (2008) de 0,35, y mayor a las reportadas por Urioste *et al.* (2008) y Rosas (2009), de 0,21, usando parcialmente la misma base de datos pero con un menor número de registros. Las estimaciones internacionales son muy escasas; este resultado fue mayor al obtenido por Fleet (1996) en borregos Merino de $0,18 \pm 0,12$ para FP aisladas, pero menor que el resultado de 0,45 obtenido por Fleet *et al.* (1990), a partir de registros de 377 borregos Corriedale. La información sobre parámetros genéticos de FM en ovinos es prácticamente inexistente. A modo de referencia, la estimación de heredabilidad de BINPK obtenida en este trabajo fue mayor que las reportadas a nivel internacional en cabras; Allain y Roguet (2006) estimaron una heredabilidad de 0,32 y Gifford *et al.* (1991) de 0,36, basándose en 1.505 y 562 registros, respectivamente. La heredabilidad estimada para BINPMED también fue mayor que las reportadas por Allain y Roguet (2006) de 0,23 y Gifford *et al.* (1991) de 0. Las heredabilidades de fibras (BINPFP, BINPMED y BINPK) resultaron de magnitud media y con una precisión razonable.

La heredabilidad de PVL fue de magnitud media (Cuadro 5), consistente con los resultados obtenidos por Safari *et al.* (2007) de $0,42 \pm 0,01$ con 110.000 registros de la raza Merino Australiano, aunque mayor que la estimada a nivel nacional por Castells (2008) de 0,32 a partir de 5116 registros en la misma raza y de $0,19 \pm 0,04$ in Merino (Ciappesoni *et al.*, 2013b.) La heredabilidad de DF fue menor que las reportadas a nivel internacional (Brash *et*

al., 1994, de $0,56 \pm 0,10$ en la misma raza) y nacional (Ciappesoni *et al.*, 2006, de 0,67 en Merino Uruguayo; y Castells, 2008, de 0,50 en Corriedale).

En conjunto, a pesar de las diferencias recién comentadas, estos resultados son coherentes con los obtenidos por otros autores, tanto a nivel internacional como nacional.

La correlación genética entre BINPMED y BINPK fue moderada y positiva (Cuadro 5); este resultado se encuentra un poco por debajo del obtenido por Allain y Roguet (2006) de 0,70 en cabras a partir de 1505 registros. Y las correlaciones genéticas entre BINPFP con BINPFM y BINPFP con BINPK, fueron ambas bajas y positiva y con probabilidad de que fuesen mayores a 0 cercanas a 1. Todas estas estimaciones indican que al seleccionar por menor número de fibras (FP, K o MED) también disminuye la otra característica.

La correlación genética entre DF y PVL fue positiva (Cuadro 5), indicando que al seleccionar por un menor DF va a disminuir el PVL. Este resultado fue mayor al estimado en la misma raza de $0,29 \pm 0,15$ (Brash *et al.*; 1994), al de la raza Romney de $0,42 \pm 0,07$ (Wuliji *et al.*; 1998) y al estimado en la raza Merino de $0,32 \pm 0,14$ (Lee *et al.*; 2002). A su vez, es mayor que la estimación nacional en la misma raza por Castells (2008) de 0,2 basada en 5116 registros y de la reportada por Ciappesoni *et al.* (2013b.) de $0,19 \pm 0,04$ in Merino.

La correlación genética entre PVL y BINPK, -0,05 (0,19), difiere de los obtenidos por Allain y Roguet (2003) de 0,57 entre peso de vellón y contenido de K basado en 10.628 registros de peso de vellón y 2.778 registros de K. Las correlaciones genéticas de PVL con BINPMED y BINPFP, como en el caso anterior, se estimaron con una gran incertidumbre y no difirieron de

cero (Cuadro 4). La correlación genética entre PVL y BINPFP difiere de los resultados de Fleet y Mortimer (datos no publicados, citado por Fleet, 1996), quienes estimaron una correlación negativa y moderada (-0,35). Los resultados obtenidos en nuestro trabajo indican que parece no haber mayor relación, por lo que el seleccionar por mayor PVL no afectaría el número de fibras objetables.

La correlación genética entre DF y BINPK obtenida en este trabajo no fue distinta de cero (Cuadro 5) y similar a la reportada por Allain y Roguet (2003) de $-0,09 \pm 0,04$ basada en 2637 registros de DF. Las correlaciones genéticas entre DF y BINPFM y entre DF y BINPFP fueron de moderadas y positivas (Cuadro 5). Esta última difiere de los valores obtenidos por Fleet y Mortimer (datos no publicados, citados por Fleet, 1996), quienes estimaron una correlación negativa y alta (-0,67) en borregos Merinos, de efecto desfavorable para el productor, debido que al seleccionar por menor DF aumenta la PFP. Sin embargo, no se pudo hacer comparaciones de la correlación genética entre DF y PMED con otros trabajos, ya que no se encontraron reportes en la literatura. Los resultados obtenidos en nuestro estudio son favorables para el productor, en el caso de la correlación de DF con BINPFP y BINPMED al seleccionar por menor DF va a afectar favorablemente la BINPMED y BINPFP; y en el caso de la correlación genética entre DF y BINPK, al seleccionar por menor DF no afectaría la BINPK.

2.6.3 *Respuesta a la selección*

La respuesta total esperada a la selección (Cuadro 6) en BINPMED y BINPFP con una intensidad de selección de -1 estaría explicada en un 64% y 58% por la respuesta indirecta,

respectivamente, y en el caso de BINPK un 46% de la respuesta estaría explicada por la respuesta indirecta. Si bien se consiguen cambios por medio de la selección directa, sería conveniente hacer evaluaciones multivariadas para contribuir a un cambio genético a través de las correlaciones genéticas entre caracteres. Todas las respuestas totales, directa e indirecta, en la selección fueron negativas, lo cual es favorable, debido a que si selecciona directamente (lo cual es difícil desde el punto de vista práctico) o indirectamente por fibras, se obtiene un menor número de fibras.

Las respuestas correlacionadas en BINPK al seleccionar por caracteres de vellón, tuvieron grandes DE (Cuadro 6), por lo cual es difícil predecir cambios esperables en la respuesta correlacionada. La respuesta en BINPMED al seleccionar por DF fue negativa (Cuadro 6), indicando que al seleccionar por menor DF también disminuye la BINPMED. Sin embargo la respuesta correlacionada en BINPMED al seleccionar por PVL tuvo un gran DE lo cual no permite predecir cómo serán los cambios en la respuesta de BINPMED al seleccionar por PVL. Por último, las respuestas esperadas en BINPFP al seleccionar por PVL y por DF fueron negativas (Cuadro 6), la cual indica que al seleccionar por mayor PVL o por menor DF, va a afectar favorablemente la BINPFP.

2.7 Conclusiones

Para proponer un programa nacional de mejoramiento genético en la raza Corriedale se debe disponer de información genética sobre la incidencia de las fibras objetables y de características de producción de importancia económica, tales como PVL y DF. Este trabajo

demuestra la existencia de variabilidad genética en todas las características analizadas. La presencia de fibras y caracteres de vellón de ovinos Corriedale parecen ser características de moderada heredabilidad, sugiriendo la posibilidad de selección. Estas estimaciones están acordes a los valores encontrados en la literatura y coinciden con las estimaciones nacionales previas.

Las correlaciones genéticas entre PVL y fibras (BINPFP, BINPMED y BINPK) no indican asociación entre estos caracteres, por lo que al seleccionar por mayor PVL no aumentaría la presencia de fibras indeseables; lo mismo sucede con la BINPK al seleccionar por menor DF. La correlación genética positiva de DF con BINPMED y BINPFP indica que la misma es favorable para el productor, debido a que cuando se selecciona por menor DF disminuye la presencia de fibras. La respuesta total esperada en la selección en contra de fibras indeseables fue favorable; en el caso de las respuestas correlacionadas en BINPK al seleccionar por caracteres de vellón y en BINPMED al seleccionar por PVL es difícil predecir cambios esperables en la respuesta correlacionada, ya que las estimaciones presentaron un alto desvío estándar. Sin embargo, las respuestas en BINPMED al seleccionar por DF y en BINPFP al seleccionar por caracteres de vellón fueron negativas, indicando que al seleccionar por menor DF disminuye BINPMED y BINPFP; y si selecciono por mayor PVL, también va a afectar favorablemente la BINPFP. Los resultados de correlaciones genéticas y de respuestas esperadas a la selección constituyen un aporte de valor para los criadores en un área caracterizada por la escasez de información.

2.8 Bibliografía

Allain D, Roguet JM. 2006. Genetic and non-genetic variability of OFDA - medullated fibre contents and other fleece traits in the French Angora goats. *Small Ruminant Research*, 65: 217 – 222.

Allain D, Roguet JM. 2003. Genetic and nonogenetic factors influencing mohair production traits within the national selection scheme of Angora goats in France. *Livestock Production Science*, 82:129–137.

Brash LD, Fogarty NM, Gilmour AR. 1994. Genetic parameters for Australian maternal and dual-purpose meatsheep breeds. II. Liveweight, wool and reproduction in Corriedale sheep. *Australian Journal of Agricultural Research*, 45: 469 - 480.

Castells Montes D. 2008. Evaluación de resistencia genética de ovinos Corriedale a los nematodos gastrointestinales en Uruguay: Heredabilidad y correlaciones genéticas entre el recuento de huevos de nematodos y características productivas [Tesis de maestría]. Uruguay: Facultad de Veterinaria, Universidad de la República. 71p.

Ciappesoni G, Gimeno G, Coronel F. 2013a. Progreso genético logrado en las evaluaciones ovinas del Uruguay. En: XXIII Reunión de la ALPA; 18 - 22 Noviembre; 2013; La Havana, Cuba.

Ciappesoni CG, Goldberg V, Gimeno D. 2013b. Estimates of genetic parameters for worm resistance, wool and growth traits in Merino sheep of Uruguay. *Livestock Science*, 157 (1): 65 - 74.

Ciappesoni CG, Ravagnolo O, Gimeno D, Montossi F, De Barbieri I. 2006. Estimation of Genetic Parameters and Genetic Trends for Wool Production and Quality for the Uruguayan Merino. In: 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production; 13 - 18 August; 2006; Belo Horizonte, MG, Brasil. 4 pp

DI.CO.SE. 2012. Datos de la Declaración Jurada de Dicose 2012 - Datos generales. Consultado 11 Junio 2013. Disponible en: www.mgap.gub.uy/DGSG/DICOSE/Informe2012/DJ2012_TotalNacional.pdf

Enns RM, Nicoll GB. 2002. Incidence and heritability of black spots in Romney sheep. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 45: 67-70.

Fleet MR, Mahar TJ, Foulds RA, Turk JA. 2008. Relationship between pigmented fibre in raw and processed wool when other dark fibre is controlled – a review. *International Journal Sheep and Wool Science*, 56 (1): 39 – 59.

Fleet MR. 1996. Pigmentation Types - Understanding the Heritability and Importance. *Wool Technology and Sheep Breeding*, 44: 264-280.

Fleet MR, Pourbeik T, Ancell P, Lynch B. 1990. Progeny test on Corriedale rams for isolated pigmented wool fibres. *Australian Association of animal Breeding and Genetics*, 8: 511 – 514.

Fleet MR, Stafford JE. 1989. The association between non-fleece pigmentation and fleece pigmentation in Corriedale sheep. *Animal Production*, 49 (1): 241-247.

Foulds RA, Wong P, Andrews MV. 1984. Dark fibres and their economic importance. *Wool Technology and Sheep Breeding*, 32: 91 – 100.

Frade J. 2013. Uruguay: Exportaciones del Rubro Ovino. Período: Febrero de 2012 a Enero de 2013. Elaboración sobre la base de datos proporcionados por la Dirección Nacional de Aduanas. Consultado Mayo 2013. Disponible en: <http://www.sul.org.uy/descargas/8506f24f6d/BOLET%C3%8DN%20EXPORTACIONES%20DEL%20RUBRO%20OVINO%20ENERO%202013.PDF>.

Garín M. 2012. Variación de los parámetros de calidad de la lana. *Lana noticias*, 162: 35 - 36.

Gifford DR, Ponzoni RW, Lampe RJ, Burr J. 1991. Phenotypic and genetic parameters of fleece traits and live weight in South Australian Angora goats. *Small Ruminant Research*, 4: 293-302.

Hansford K, Swan PG. 2005. Australian Wool Innovation 2004 Global Survey of Dark and Medullated Fibres. International Wool Textile Organisation – Technology and Standards Committee. Commercial Technology Forum. Report Commercial Technology Forum (CTF) 02 [On line]. Accessed June 2013. Available at: www.awtawooltesting.com.au/index.php/en/component/edocman/?task=document.download&id=153

IWTO-28. 2009. Determination by the Airflow Method of the Mean Fibre Diameter of Core Samples of Raw Wool. Red Book, International Wool Textile Organisation (IWTO).

IWTO-33. 2009. Determination of oven-dry mass and calculated invoice mass of scoured or carbonised wool. Red Book, International Wool Textile Organisation (IWTO).

Laporta J, López R, Urioste J, Peñagaricano F, Lafuente C, Naya H, Sierra I, Kremer R. 2008. Parámetros Genéticos de Fibras Pigmentadas de lana y presencia de Lunares en ovinos Corriedale. En: Primeras Jornadas de Genética del Uruguay; 25 – 26 Julio; 2008; Facultad de Ciencias, Montevideo, Uruguay. CD-ROM

Lee GJ, Atkins KD, Swan AA. 2002. Pasture intake and digestibility by young and non-breeding adult sheep: the extent of genetic variation and relationships with productivity. *Livestock Production Science*, 73: 185-198.

Lynch M, Walsh B. 1998. Genetics and analysis of quantitative traits. Sinauer Associates, Inc. Massachusetts, USA. 980 pp.

Misztal I, Tsuruta S, Strabel T, Auvray B, Druet T, Lee DH. 2002. BLUPF90 and related programs (BGF90). In: 7th World Congress on Genetic Applied to Livestock Production; 19 – 23 August; 2002; Montpellier, France. Session 28: Software, information technology and bioinformatics. Communication N° 28-07.

R Core Team. 2012. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>

Rosas MI. 2009. Presencia de Fibras Pigmentadas y Lunares en el primer y segundo vellón en Corriedale [Tesis de grado]. Uruguay: Facultad de Ciencias, Universidad de la República. 55p.

Ryder ML, Stephenson SK. 1968. Wool Growth. Academic Press, London. pp. 303-306.

Safari I, Fograty NM, Gilmour AR, Atkins KD, Mortimer SI, Swan AA, Brien FD, Greeff JC, Van Werf JHJ. 2007. Across population genetic parameters for wool, growth, and reproduction traits in Australian Merino sheep. 2. Estimates of heritability and variance components. *Australian Journal of Agricultural Research*, 58, 177 - 184.

Sánchez AL, Urioste J, Naya H, Neimaur K, Sienna I, Kremer R. 2012. Correlaciones genéticas entre definiciones alterativas de fibras pigmentadas en ovinos Corriedale. En: XXXVII Congreso de la Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA); 24 - 26 Octubre; Termas de Catillo, Chile. 2 pp.

Sienna I, Neimaur K, Kremer R, Urioste JI. 2011. Medullated fibres and fleece characteristics in Corriedale hoggets from two flocks in Uruguay. *Animal Production Science*, 51: 1034 – 1038.

Sienna I, Neimaur K, Lopez R, Lafuente C, Llana F. 2007. Estudio del grado y tipo de medulación en una majada Corriedale y su relación con otras características del vellón. Jornada Técnica de Veterinaria, 149-150.

Smuts S, Hunter L. 1987. Medullation in Mohair- Part II: Geometrical Characteristics and the Relationship Between Various Measures of Medullation. South African Wool and Textile Research Institute (SAWTRI) Technical Report, 589: 1 - 21.

Urioste J, Peñagaricano F, Lopez R, Lafuente C, Laporta J, Naya H, Sienra S, Kremer R. 2008. Skin spots and pigmentation scores as indicator traits for presence of pigmented fibres in Corriedale fleeces. En: Proc. 10th World Conference on Animal Production; 23 – 28 Novembre; 2008; Cape Town, South Africa. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands. pp. 34 - 34.

Walsh B. 2008. Multivariate Response: Changes In Means [On line]. Accessed June 2013. Available at: http://nitro.biosci.arizona.edu/zbook/NewVolume_2/pdf/Chapter30.pdf

Wright S. 1934. An analysis of variability in number of digits in an inbred strain of guinea pigs. *Genetics*, 19: 506-536.

Wuliji TDK, Andrews R, Turner P, Wheeler R. 1998. Responses to fleece weight selection and heritability estimates of wool characteristics in Romney sheep. *Wool Technology and sheep breeding*, 46: 250 – 254.

Wurzinger M, Delgado J, Nürnberg M, Valle Zárate A, Stemmer A, Ugarte U, Sölkner J. 2006. Genetic and non-genetic factors influencing fibre quality of Bolivian llamas. *Small Ruminant Research*, 61: 131 – 139.

3 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES GENERALES

En Uruguay, la lana es uno de los 15 principales productos de exportación, el 69% de las exportaciones del Rubro Ovino, corresponden a lana y productos de la lana, lo cual disminuyó un 7,9% respecto al período anterior. La mayor parte se exporta en forma de lana peinada, le sigue la lana sucia y por último en forma de lana lavada. El principal destino de estas lanas es China con un 44,6% del total, este país adquirió un 88,7% del total en lana sucia, un 62,1% de la lana lavada y un 24,8% del total en lana peinada. Sin embargo, en otros sub-rubros que integran las exportaciones de lana y productos de la lana, tales como hilados, tejidos, prendas, mantas y alfombras, los principales destinos son: USA, Brasil, Argentina, USA y Luxemburgo, respectivamente. A excepción de la lana lavada y lana sucia, el resto de los sub-rubros tuvieron un descenso en sus exportaciones en términos de valor comparados con el período anterior (Frade, 2013). En consecuencia, se le debe prestar atención a las fibras de lana debido a que es uno de los principales productos de exportación en nuestro país.

Este trabajo es relevante debido a que prácticamente no existen trabajos anteriores de estimación de parámetros genéticos (heredabilidad y correlaciones genéticas) en fibras objetables (FP y FM) en el mundo para la raza Corriedale. A nivel internacional se han realizados estudios de estimación de heredabilidades de FP aisladas y de lunares pero en las razas Merino (Fleet, 1996 y 2005; Fleet *et al.*, 1990 y 2008) y Romney Marsh (Enns y Nicoll, 2002). En la literatura se encontraron dos trabajos en la raza de nuestro interés a nivel internacional, uno es un trabajo de Fleet *et al.* (1990) quienes estimaron heredabilidad en FP en una majada Corriedale, pero con errores estándar sumamente altos. La otra estimación encontrada para Corriedale, fue en lunares, datos no publicados de Fleet y Lush y citados por Enns y Nicoll (2002), quienes reportaron una heredabilidad de 0.27 ± 0.16 . A nivel nacional, con la misma base de datos que este trabajo pero con un menor número de registros se determinaron heredabilidades de FP y lunares en Corriedale (Urioste *et al.*, 2008; Laporta *et al.*, 2008, Rosas, 2009 y Sánchez *et al.*, 2011) y se ha reportado una relación genética positiva y alta de FP con la presencia de lunares, indicando la posibilidad de disminuir las FP mediante la selección en contra de lunares. La información sobre

heredabilidades de MED y K en ovinos es prácticamente inexistente, solo se encontraron en la literatura estimaciones a nivel internacional en cabras (Snyman y Olivier, 1999; Allain y Roguet, 2003 y 2006; Allain y Renieri, 2010 y Gifford *et al.*, 1991).

Con respecto a las estimaciones de correlaciones genéticas entre FP y caracteres de vellón, solo se encontró un trabajo a nivel internacional, de Fleet (1996) quienes sugirieron una asociación positiva entre FP y algunas características de importancia como PVL y peso corporal en la raza Merino. Para la variable FM, se han reportado correlaciones genéticas de PVS y DF con contenido de K y MED, y entre FM, al igual que las heredabilidades de FM son estimaciones en cabras, y en llamas (Allain y Roguet, 2003 y 2006, y Wurzinger *et al.*, 2006). Al igual que las estimaciones de parámetros genéticos en otras razas de ovinos, estas estimaciones de heredabilidades y correlaciones genéticas en cabras y llamas pueden brindar una referencia inicial pero son poco útiles para plantear un programa de selección en la raza Corriedale en Uruguay. En consecuencia, los resultados de esta investigación aportaron un mayor conocimiento al respecto, debido a que nos brindó información de parámetros genéticos de FP y FM en la raza mayoritaria en nuestro país.

La estructura familiar establecida en esta investigación, grupos de medio-hermanos paternos, permitió estimar parámetros genéticos relevantes con una precisión razonable. Uno de los principales resultados de este trabajo es que las heredabilidades de las fibras (BINPFP, BINPMED y BINPK) resultaron de magnitud media, lo cual sugiere la existencia de un importante espacio de selección. Las estimaciones de correlación genética entre fibras fueron positivas, lo cual indica que al seleccionar en contra de una de ellas (BINPFP, BINPK o BINPMED) también van a mejorar el resto. Los resultados obtenidos de correlación genética de PVL con fibras (BINPFP, BINPMED y BINPK) y de DF con BINPK, fueron cercanos a cero, por lo tanto en el caso de la correlación con PVL indica que al seleccionar por mayor PVL no afectaría el número de fibras kempes y con respecto a la correlación entre DF y BINPK, al seleccionar por menor DF tampoco afectaría la BINPK. Sin embargo, las estimaciones de correlaciones genéticas entre DF con BINPMED y BINPFP fueron moderadas y positivas, en ambos casos favorables desde el punto de vista del productor, al

seleccionar por menor DF va a afectar favorablemente la BINPMED y BINPFP. Estos resultados y de respuesta correlacionada en fibras al seleccionar por caracteres de vellón nos indican que la selección que se hace actualmente, por mayor PVL y menor DF, no resultaría en un aumento de FP y FM.

Las respuestas totales esperadas en la selección para disminuir el número de fibras indeseables fueron negativas, lo cual es favorable. Si selecciona directamente en contra de la presencia de fibras, se obtiene un menor número de estas. La medición directa de fibras es engorrosa y costosa porque requiere un gran procesamiento a nivel de laboratorio, por lo tanto es desaconsejable tomar las fibras como criterio de selección. La solución es buscar otros criterios de selección y para esto se deben buscar características que sean sencillas de medir, de moderada o alta heredabilidad y genéticamente correlacionadas con las fibras, tales como: cantidad y superficie de lunares en la zona de vellón, pigmentación en cabeza, orejas, patas, pezuñas, fibras oscuras en el sitio de los cuernos y halo hair (fibras de color marrón o negro que sobresalen en el cuello de algunos corderos al nacer y caen a las pocas semanas) (Fleet y Stafford, 1989). Estudios iniciales han demostrado que la presencia de lunares es heredable en Corriedale (Naya *et al.*, 2008; Peñagaricano *et al.*, 2011). Se ha estimado a nivel nacional la correlación genética entre la presencia de lunares totales y FP, la cual fue positiva y alta (Laporta, 2008; Urioste y Peñagaricano, 2008). Además se han estimado correlaciones genéticas entre FP y pigmentación en patas, hocico y orejas; Urioste *et al.* (2011) estimaron correlaciones positivas y medias de FP con patas y hocico; y una correlación no diferente de cero para FP con orejas. Estos resultados indican que se obtienen cambios acumulativos en el número de FP mediante selección en contra de otras características de pigmentación visibles en los animales. Sin embargo, es necesario disponer de información más precisa acerca de los parámetros genéticos de la característica a usar como criterio de selección (Fleet y Lush, 1997).

A partir de este trabajo contamos con información de parámetros, heredabilidad y correlaciones genéticas de la presencia de fibras (BINPMED, BINPK y BINPFP) y caracteres de vellón, para la raza Corriedale en nuestro país. Estas estimaciones estuvieron acordes a

los valores encontrados en la literatura y coinciden con las estimaciones nacionales. Los resultados de correlaciones genéticas y repuestas esperadas a la selección, aunque con cierta incertidumbre, constituyen un aporte de valor para los criadores en un área caracterizada por la escasez de información.

Otras estrategias genéticas para solucionar el problemas de FP y FM, podría ser el uso de herramientas moleculares, las cuales pueden ser consideradas en futuros planes de selección. En consecuencia, se deben realizar estudios para generar conocimiento de los mecanismos moleculares involucrados en la presencia de fibras en la lana blanca. Se sabe muy poco a nivel molecular sobre los genes, alelos e interacciones entre ellos, responsables de la producción de lana blanca en ovinos. Sin embargo, existe mucha información sobre los genes que determinan los distintos patrones de pigmentación en humanos, ratones, suinos y descubrimientos recientes en bovinos que proveen un acercamiento a la temática (Fleet, 2004; 2006). Usando tejidos de animales del presente experimento (sin lunar, con lunares pero sin fibras y con lunares y fibras), Peñagaricano *et al.* (2012) realizaron un experimento de microarreglos, cuyo resultados no apoyaron la mayoría de los genes propuestos por la bibliografía como responsables de generar lunares de piel en los ovinos; sin embargo, presentó una nueva lista de genes candidatos que deberán de ser estudiados en mayor profundidad. Estudios futuros, deberían seguir profundizando acerca de estos temas, si se desea en el futuro tratar de utilizar herramientas moleculares para disminuir la incidencia de FP y FM en la lana.

4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allain D, Renieri C.** 2010. Genetics of fibre production and fleece characteristics in small ruminants, Angora rabbit and South American camelids. *Animal*, 4:9: 1472–1481.
- Allain D, Roguet JM.** 2006. Genetic and non-genetic variability of OFDA - medullated fibre contents and other fleece traits in the French Angora goats. *Small Ruminant Research*, 65: 217 – 222.
- Allain D, Roguet JM.** 2003. Genetic and nonogenetic factors influencing mohair production traits within the national selection scheme of Angora goats in France. *Livestock Production Science*, 82:129–137.
- Balasingam A.** 2005. The definitions of medullation threshold values used by different testing methods to define an objectionable medullated fibre in Merino wool [On line]. Accessed August 2011. Available at: http://www.awta.com.au/Documents/Research%20Papers/Reviews/Medullation_Review_EC651.pdf
- Baxter BP.** 1998. An inicial investigation into the effects of medullation on comparisons between Airflow, OFDA and Laserscan diameter measurements. *International Wool Textile Organisation*, 16.
- Brash LD, Fogarty NM, Gilmour AR.** 1994. Genetic parameters for Australian maternal and dual-purpose meatsheep breeds. II. Liveweight, wool and reproduction in Corriedale sheep. *Australian Journal of Agricultural Research*, 45: 469 – 480.
- Cardellino R.** 2004. Situación y Perspectivas del Mercado Internacional de Lana: Desafíos para Uruguay [En línea]. Consultado Junio 2013. Disponible en: <http://www.iica.int/Esp/regiones/sur/uruguay/Documentos%20de%20la%20Oficina/CoyunturaAgropecuaria/coy-setiembre2004.pdf>

- Cardellino R.** 1992. Herencia de las fibras coloreadas. En: II Seminario sobre mejoramiento genético en lanares; 1992 ; Piriápolis, Uruguay. pp 99 -114.
- Castells Montes D.** 2008. Evaluación de resistencia genética de ovinos Corriedale a los nematodos gastrointestinales en Uruguay: Heredabilidad y correlaciones genéticas entre el recuento de huevos de nematodos y características productivas [Tesis de maestría]. Uruguay: Facultad de Veterinaria, Universidad de la República. 71p.
- Ciappesoni G, Gimeno G, Coronel F.** 2013a Progreso genético logrado en las evaluaciones ovinas del Uruguay. En: XXIII Reunión de la ALPA; 18 - 22 Noviembre; 2013; La Habana, Cuba.
- Ciappesoni CG, Goldberg V, Gimeno D.** 2013b. Estimates of genetic parameters for worm resistance, wool and growth traits in Merino sheep of Uruguay. *Livestock Science*, 157 (1): 65 - 74.
- Ciappesoni CG, Ravagnolo O, Gimeno D, Montossi F, De Barbieri I.** 2006. Estimation of Genetic Parameters and Genetic Trends for Wool Production and Quality for the Uruguayan Merino. In: 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production; 13 - 18 August; 2006; Belo Horizonte, MG, Brasil. 4 pp
- DI.CO.SE.** 2012. Datos de la Declaración Jurada de Dicose 2012 - Datos generales. Consultado 11 Junio 2013. Disponible en: www.mgap.gub.uy/DGSG/DICOSE/Informe2012/DJ2012_TotalNacional.pdf
- Enns RM, Nicolli GB.** 2002. Incidence and heritability of black spots in Romney sheep. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 45: 67-70.
- Fleet MR, Mahar TJ, Foulds RA, Turk JA.** 2008. Relationship between pigmented fibre in raw and processed wool when other dark fibre is controlled – a review. *International Journal Sheep and Wool Science*, 56 (1): 39 – 59.

- Fleet MR.** 2006. Development of black pigmented skin spots and pigmented wool fibres in a Merino flock – causes, field observations, and wool measurement. *Australian Journal of Agricultural Research*, 57 (7): 751-760.
- Fleet MR.** 2005. White Spotting in Sheep in Australia: Complex or Simple? South Australian Research and Development Institute (SARDI).
- Fleet MR.** 2004. Foetal development of melanocyte populations in Merino wool-bearing skin. *International Journal of Sheep and Wool Science*, 52 (2) : 101-123.
- Fleet MR.** 1999. Random Spot Relationship with other Pigmentation on Merinos. *Proceeding of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics* , 13: 290-293
- Fleet MR, Lush B.** 1997. Sire effects on visible pigmentation in a Corriedale flock. *Wool Technology and Sheep Breeding*, 45 (3): 167-173.
- Fleet MR.** 1996. Pigmentation Types - Understanding the Heritability and Importance. *Wool Technology and Sheep Breeding*, 44: 264-280.
- Fleet MR, Pourbeik T, Ancell P, Lynch B.** 1990. Progeny test on Corriedale rams for isolated pigmented wool fibres. *Australian Association of animal Breeding and Genetics*, 8: 511 – 514.
- Fleet MR, Stafford JE.** 1989. The association between non-fleece pigmentation and fleece pigmentation in Corriedale sheep. *Animal Production*, 49 (1): 241-247.
- Fleet MR, Ponzoni RW.** 1985. Fibras pigmentadas en vellones blancos. En: Seminario Científico Técnico Regional de Lanasy; 1985; Montevideo, Uruguay. pp. 135 -142.
- Forrest JW, Fleet MR.** 1986. Pigmented spots in the wool-bearing skin on white merino sheep induced by ultraviolet light. *Australian journal of biological sciences*, 39(2): 125-36.

- Foulds RA, Wong P, Andrews MV.** 1984. Dark fibres and their economic importance. *Wool Technology and Sheep Breeding*, 32: 91 – 100.
- Frade J.** 2013. Uruguay: Exportaciones del Rubro Ovino. Período: Febrero de 2012 a Enero de 2013. Elaboración sobre la base de datos proporcionados por la Dirección Nacional de Aduanas. Consultado Mayo 2013. Disponible en: http://www.sul.org.uy/descargas/8506f24f6d/BOLET%C3%8DN%20EXPORTACIONES%20DEL%20RUBRO%20OVINO%20ENERO%202013_.PDF.
- Garín M.** 2012. Variación de los parámetros de calidad de la lana. *Lana noticias*, 162: 35 - 36.
- Gifford DR, Ponzoni RW, Lampe RJ, Burr J.** 1991. Phenotypic and genetic parameters of fleece traits and live weight in South Australian Angora goats. *Small Ruminant Research*, 4: 293-302.
- Hansford K, Swan PG.** 2005. Australian Wool Innovation 2004 Global Survey of Dark and Medullated Fibres. International Wool Textile Organisation – Technology and Standards Committee. Commercial Technology Forum. Report Commercial Technology Forum (CTF) 02 [On line]. Accessed June 2013. Available at: www.awtawooltesting.com.au/index.php/en/component/edocman/?task=document.download&id=153
- Hansford K.** 2003. Managing the Risk of Dark and/or Medullated Fibre Contamination. Australian Wool Innovation Project – EC573. Literature review. 33p
- IWTO-28.** 2009. Determination by the Airflow Method of the Mean Fibre Diameter of Core Samples of Raw Wool. Red Book, International Wool Textile Organisation (IWTO).
- IWTO-33.** 2009. Determination of oven-dry mass and calculated invoice mass of scoured or carbonised wool. Red Book, International Wool Textile Organisation (IWTO).

- Kremer R, Urioste J, Naya H, Rosés L, Rista L, López I.** 2003. Incidence of skin spots and pigmentation in Corriedale sheep. In: World Congress of Animal Production; 26 – 31 October; 2003; Porto Alegre, Brasil.
- Laporta J.** 2008. **Variabilidad Genética en fibras pigmentadas de lana y su asociación con lunares en ovinos Corriedale** [Tesis de grado]. Uruguay: Facultad de Ciencias, Universidad de la República. 45p.
- Laporta J, López R, Urioste J, Peñagaricano F, Lafuente C, Naya H, Sienra I, Kremer R.** 2008. Parámetros Genéticos de Fibras Pigmentadas de lana y presencia de Lunares en ovinos Corriedale. En: Primeras Jornadas de Genética del Uruguay; 25 – 26 Julio; 2008; Facultad de Ciencias, Montevideo, Uruguay. CD-ROM
- Lee GJ, Atkins KD, Swan AA.** 2002. Pasture intake and digestibility by young and non-breeding adult sheep: the extent of genetic variation and relationships with productivity. *Livestock Production Science*, 73: 185-198.
- Lynch M, Walsh B.** 1998. Genetics and analysis of quantitative traits. Sinauer Associates, Inc. Massachusetts, USA. 980 pp.
- Misztal I, Tsuruta S, Strabel T, Auvray B, Druet T, Lee DH.** 2002. BLUPF90 and related programs (BGF90). In: 7th World Congress on Genetic Applied to Livestock Production; 19 – 23 August; 2002; Montpellier, France. Session 28: Software, information technology and bioinformatics. Communication N° 28-07.
- Naya H, Urioste J, Chang Y, Rodríguez Motta M, Kremer R, Gianola D.** 2008. A comparison between Poisson and zero-inflated Poisson regression models with an application to number of black spots in Corriedale sheep. *Genetic, Selection and Evolution*, 40 (4): 379-394.

- Peñagaricano F, Zorrilla P, Naya H, Robello C, Urioste JI.** 2012 Gene expression analysis identifies new candidate genes associated with the development of black skin spots in Corriedale sheep. *Journal of Applied Genetics*, 53: 99–106.
- Peñagaricano F, Urioste JI, Naya H, de los Campos G, Gianola D.** 2011. Assessment of Poisson, Probit and linear models for genetic analysis of presence and number of black spots in Corriedale sheep. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 128: 105–113.
- Pereira GI, De Miquelerena J, Urioste JI, Naya H, Lopez C, Surraco L.** 2003. Presencia de fibras pigmentadas en una majada experimental Corriedale. En: XII Congreso Mundial de Corriedale,; 1-10 Setiembre; Montevideo, Uruguay. CD-ROM.
- R Core Team.** 2012. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>
- Rosas MI.** 2009. Presencia de Fibras Pigmentadas y Lunares en el primer y segundo vellón en Corriedale [Tesis de grado]. Uruguay: Facultad de Ciencias, Universidad de la República. 55p.
- Ryder ML, Stephenson SK.** 1968. Wool Growth. Academic Press, London. pp. 303-306.
- Safari I, Fograty NM, Gilmour AR, Atkins KD, Mortimer SI, Swan AA, Brien FD, Greeff JC, Van Werf JHJ.** 2007. Across population genetic parameters for wool, growth, and reproduction traits in Australian Merino sheep. 2. Estimates of heritability and variance components. *Australian Journal of Agricultural Research*, 58, 177 - 184.
- Sánchez AL, Urioste J, Naya H, Neimaur K, Sienna I, Kremer R.** 2012. Correlaciones genéticas entre definiciones alterativas de fibras pigmentadas en ovinos Corriedale. En: XXXVII Congreso de la Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA); 24 - 26 Octubre; Termas de Catillo, Chile. 2 pp.

- Sánchez AL, Urioste J, Peñagaricano F, Naya H, Neimaur K, Sienna I, Kremer R.** 2011. Estimación de parámetros genéticos para lunares y caracteres de vellón en ovinos Corriedale. En: XXXVI Congreso de la Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA); 9 - 11 Noviembre; Punta Arenas, Chile. pp. 21-22.
- Sienna I, Neimaur K, Kremer R, Urioste JI.** 2011. Medullated fibres and fleece characteristics in Corriedale hoggets from two flocks in Uruguay. *Animal Production Science*, 51: 1034 – 1038.
- Sienna I, Neimaur K, Lopez R, Lafuente C, Llana F.** 2007. Estudio del grado y tipo de medulación en una majada Corriedale y su relación con otras características del vellón. *Jornada Técnica de Veterinaria*, 149-150.
- Smuts S, Hunter L.** 1987. Medullation in Mohair- Part II: Geometrical Characteristics and the Relationship Between Various Measures of Medullation. South African Wool and Textile Research Institute (SAWTRI) Technical Report, 589: 1 – 21.
- Snyman MA, Olivier JJ.** 1999. Repeatability and heritability of objective and subjective fleece traits and body weight in South African Angora goats. *Small Ruminant Research*, 34: 103 -109.
- Urioste J, Peñagaricano F, Ocampo M, Sienna I, Naya H, Kremer R.** 2011. Pigmentación en zonas de no vellón en ovinos Corriedale es heredable y asociada con presencia de fibras pigmentadas en el vellón. En: XXXVI Congreso de la Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA); 9 - 11 Noviembre; Punta Arenas, Chile. 2 pp.
- Urioste J, Peñagaricano F.** 2008. *¿Es posible disminuir la presencia de fibras pigmentadas mediante selección?. Anuario Corriedale*, 2008: 64 - 65.
- Urioste J, Peñagaricano F, Lopez R, Lafuente C, Laporta J, Naya H, Sienna S, Kremer R.** 2008. Skin spots and pigmentation scores as indicator traits for presence of pigmented fibres in Corriedale fleeces. En: Proc. 10th World Conference on Animal

Production; 23 – 28 Novembre; 2008; Cape Town, South Africa. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands. pp. 34 - 34.

Walsh B. 2008. Multivariate Response: Changes In Means [On line]. Accessed June 2013. Available at: http://nitro.biosci.arizona.edu/zbook/NewVolume_2/pdf/Chapter30.pdf

Wright S. 1934. An analysis of variability in number of digits in an inbred strain of guinea pigs. *Genetics*, 19: 506-536.

Wuliji TDK, Andrews R, Turner P, Wheeler R. 1998. Responses to fleece weight selection and heritability estimates of wool characteristics in Romney sheep. *Wool Technology and sheep breeding*, 46: 250 – 254.

Wurzinger M, Delgado J, Nürnberg M, Valle Zárate A, Stemmer A, Ugarte U, Sölkner J. 2006. Genetic and non-genetic factors influencing fibre quality of Bolivian llamas. *Small Ruminant Research*, 61: 131 – 139.