



CIENCIAS BIOLÓGICAS, ORIENTACIÓN GENÉTICA

***“Estudio de las asociaciones genéticas
entre características de pigmentación y
caracteres de producción y calidad de la
lana en la raza Corriedale”***

Ana Laura Sánchez Batista

**Orientador: Ing. Agr. Jorge I. Urioste PhD
(Facultad de Agronomía)**

**Montevideo, Uruguay
Mayo 2010**

AGRADECIMIENTOS.

A Jorge I. Urioste por orientarme en este trabajo y por su dedicación durante este tiempo.

A Francisco Peñagaricano por su paciencia, apoyo y aporte en los análisis de datos.

A Inés Sienna y Karina Neimaur del Laboratorio de Ovinos y Lanasy de la Facultad de Veterinaria, por su apoyo constante durante la pasantía en el Laboratorio.

A mi familia y amigas por apoyarme en los momentos que más lo necesitaba.

Índice de contenido

	Página.
I. INTRODUCCIÓN.....	6
II. REVISION BIBLIOGRAFICA.	8
1. El rubro ovino en Uruguay.....	8
2. Lana Uruguaya.	9
3. Fibras Oscuras.	10
4. Aspectos genéticos	11
4.1 Consideraciones generales.....	11
4.2 Parámetros genéticos.	12
4.3 Parámetros genéticos de pigmentación.	14
4.4 Asociaciones genéticas con rasgos productivos.	15
5. Conclusiones	16
III. TRABAJO CIENTIFICO.....	17
RESUMEN	17
SUMMARY	17
INTRODUCCION.....	18
MATERIALES Y METODOS.....	19
1. Animales experimentales.	19
2. Base de datos y registros.	19
2..1 Registros de fibras pigmentadas.	21
2..2 Registros de características de vellón.	23
3. Análisis estadístico.....	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
1. Fibras pigmentadas y características de vellón.	25
2. Efecto de majada-año y sexo.....	26
3. Variabilidad entre carneros.....	29
4. Análisis genético.....	31
CONCLUSIONES	35
BIBLIOGRAFÍA.	36

Índice de Figuras

II. Revisión Bibliográfica.

Figura 1. Destinos de las exportaciones del Rubro Ovino. (Fuente: adaptado de S.U.L, 2010).....	8
Figura 2. Distribución por porcentaje de las principales razas ovinas en Uruguay. (Fuente: adaptado de S.U.L, 2010).....	9
Figura 3. Fibras oscuras observadas al microscopio óptico (40X). Superior: Fibra coloreada de origen ambiental. Inferior: Fibra Pigmentada de origen genético (Fuente: CSIRO).....	10
Figura 4. Lunares en lomo. (Fotografía tomada por Francisco Peñagaricano)	11

III. Trabajo científico.

Figura 1. Toma de muestras de lana. (Fotografía tomada por Jorge Urioste).....	21
Figura 2. A: Tren de lavado. B: Estufa de aire forzado. C: Mechas acondicionadas (Fotografías tomadas por Inés Sienna).....	22
Figura 3. A: Lupa. B: Placa de referencia.(Fotografías tomadas por Jimena Laporta e Inés Sienna, respectivamente).....	22
Figura 4. Air-Flow. (Fotografía tomada por Karina Neimaur)	24
Figura 5. Promedio de fibras pigmentadas por kg de lana lavada (FP/kg) en machos y hembras.....	27
Figura 6. Promedio de peso de vellón sucio (kg) en machos y hembras.....	27
Figura 7. Promedio de peso de vellón limpio (kg) por sexo.	28
Figura 8. Promedio de diámetro de la fibras en machos y hembras.....	28
Figura 9. Promedio de peso de vellón sucio (kg) por carnero.....	29
Figura 10. Promedio de peso de vellón limpio (kg) por carnero.....	29
Figura 11. Promedio de diámetro de la fibra (micra) para cada carnero.....	30
Figura 12. Número de fibras pigmentadas (FP) por kilo de lana lavada por carnero....	30
Figura 13. Porcentaje de hijos que presentaron fibras pigmentadas (FP) para cada carnero.	31
Figura 14. Curva de densidad de probabilidad de peso de vellón limpio.....	33
Figura 15. Curva de densidad de probabilidad de la correlación genética entre fibras pigmentadas y diámetro de la fibra.....	34

Índice de Cuadros.

II. Revisión Bibliográfica

Cuadro 1. Correlaciones entre fibras pigmentadas y rasgos productivos.(Fleet y Mortimer, datos no publicados, citado por Fleet,1996).....	15
--	----

III. Trabajo Científico.

Cuadro 1. Número de animales registrados, por año y Estación Experimental.....	19
Cuadro 2. Número de hijos (medidos) por carnero para cada característica.....	20
Cuadro 3. Descripción estadística de peso de vellón sucio, diámetro de la fibra, peso de vellón limpio y de fibras pigmentadas por kg de lana lavada.....	25
Cuadro 4. Incidencia de fibras pigmentadas (%FP) según año de esquila y Estación experimental.	26
Cuadro 5 Estimación de parámetros genéticos (desvío estándar) de características de producción.	33

I. INTRODUCCIÓN.

Uruguay es tradicionalmente un país exportador de lana, con un stock actual de unos 8.9 millones de ovinos y un valor de exportación promedio (últimos 5 años) de 183 millones de dólares (S.U.L, 2010). El precio de la lana depende de la finura y de la calidad (cantidad de fibras oscuras, color, resistencia y cantidad de materia vegetal). La lana es naturalmente blanca pero posee un cierto número de fibras oscuras (FO) que al momento de su procesamiento disminuyen la versatilidad de colores a utilizar en su tinción. El origen de las FO es tanto ambiental (tinción de la fibra con orina, materia fecal y productos químicos) como genético (producción de fibras con melanina, FP).

Las lanas Corriedale uruguayas poseen 5000 FO/kg siendo el 90% de origen ambiental (Cardellino et al., 1990). Con una adecuada técnica de esquila se eliminan las fibras de origen ambiental, quedando las de origen genético (500 FO/kg), que aún superan ampliamente el mínimo exigido por los mercados de calidad (menos de 300 FO/kg) (Raquet F.,1997).

El excesivo número de FO en las lanas uruguayas tiene un impacto negativo de 17 % en el valor del kg de lana (más de 30 millones de dólares anuales). Para solucionar este problema se deben diseñar y aplicar planes de selección que reduzcan las FP, complementarios del Plan de Acondicionamiento de la Lana que actualmente atiende a los efectos ambientales.

Entre otros aspectos, un programa de mejora requiere conocer los parámetros genéticos (heredabilidades y correlaciones genéticas) de FP y características asociadas a su presencia. A nivel internacional, el conocimiento sobre parámetros genéticos para características de pigmentación son escasos y referidos mayoritariamente a las razas Merino (Fleet, 1996; Feet et al., 2008) y Romney Marsh (Enns y Nicoll, 2002), lo cual es poco útil para plantear un programa de selección en la raza Corriedale, mayoritaria en Uruguay.

Desde el año 2001, la UDELAR viene investigando sobre los factores genéticos y ambientales involucrados en el desarrollo de FP en Corriedale. En 2002 se conectaron genéticamente dos majadas experimentales de las Estaciones de Bañado Medina (F. Agronomía) y Mígues (F. Veterinaria), se ajustaron protocolos de pigmentación y se comenzaron a generar muestras de lana para determinar las FP en laboratorio. Kremer et al. (2003) reportaron detalles de pigmentación y presencia de lunares en dichos estudios preliminares.

Recientemente, dentro del proyecto PDT 35-02 “Disminución de fibras pigmentadas en Corriedale por vías genéticas”, se determinaron parámetros genéticos de FP y otras características de pigmentación, desarrollando una alternativa tecnológica para la reducción de FP por vías genéticas (Urioste et al., 2008; Laporta et al, 2008). Se determinó para FP una heredabilidad de 0.20 y una correlación genética positiva y alta con la presencia de lunares, indicando la posibilidad cierta de disminuir las FP mediante la selección en contra de lunares. Sin embargo, en dicho proyecto no se determinaron las asociaciones genéticas entre caracteres de pigmentación y otros más tradicionales y de indudable importancia económica, como diámetro de fibra, peso de vellón y resistencia de mecha. Es de interés saber si este programa de selección puede tener efectos negativos en estas características.

Existe una notoria falta de información internacional al respecto. Fleet (1996) ha sugerido una asociación positiva entre FP y algunas características de importancia como peso de vellón limpio y peso corporal, aunque los resultados muestran errores estándar importantes debido a diseños experimentales limitados. En consecuencia, toda investigación que produzca mayor conocimiento al respecto presentará un alto nivel de originalidad.

El objetivo general de este trabajo es estudiar la variabilidad y las relaciones genéticas entre la presencia de fibras pigmentadas y características del vellón de importancia económica.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA.

Las características de la lana y el origen genético de las fibras pigmentadas en ella han sido tratadas extensamente en otros trabajos desarrollados en el marco del proyecto PDT 35/02 “Disminución de fibras pigmentadas en lanas Corriedale por vías genéticas” (Laporta, 2008; Rosas, 2009). Por dicha razón, esta revisión se centra en una descripción de la importancia económica de la lana, el efecto negativo de la presencia de fibras, un repaso de los principios básicos de la selección, y un tratamiento más específico de los parámetros genéticos vinculados a características de pigmentación y asociaciones genéticas con características productivas del vellón.

1. El rubro ovino en Uruguay.

Uruguay es tradicionalmente un país exportador de lana, con un stock actual de unos 8.9 millones de ovinos y un valor de exportación promedio (últimos 5 años) de 183 millones de dólares. Durante el período Septiembre 2008 – Agosto 2009, Uruguay exportó 45.9 millones de kilos de lana equivalente base sucia, de la cual un 73.3 % se exportó peinada, un 18.5 % sucia y el 8.3 % restante lavada. Analizándolo en términos de valor, las exportaciones de lana sucia, lavada y peinada totalizaron 125 millones de dólares (S.U.L, 2010).

Durante los últimos 12 meses, fueron 54 los destinos de las ventas al exterior de lana y productos de lana de Uruguay. China (52.1 % del total) es el principal destino de las exportaciones (Fig. 1), lo siguen Alemania (14.1 %), Italia (11.6 %), Turquía (4.5 %), Japón (3.2 %), Irán (1.9 %), Reino Unido (1.8 %), India (1.6 %) y Bulgaria (1.4 %) (S.U.L, 2010). El precio internacional de la lana varía mucho en cada zafra. Las reglas del mercado se rigen por oferta/demanda, dependiendo de los principales países productores y exportadores del hemisferio Sur (Australia, Nueva Zelanda y Sudáfrica).

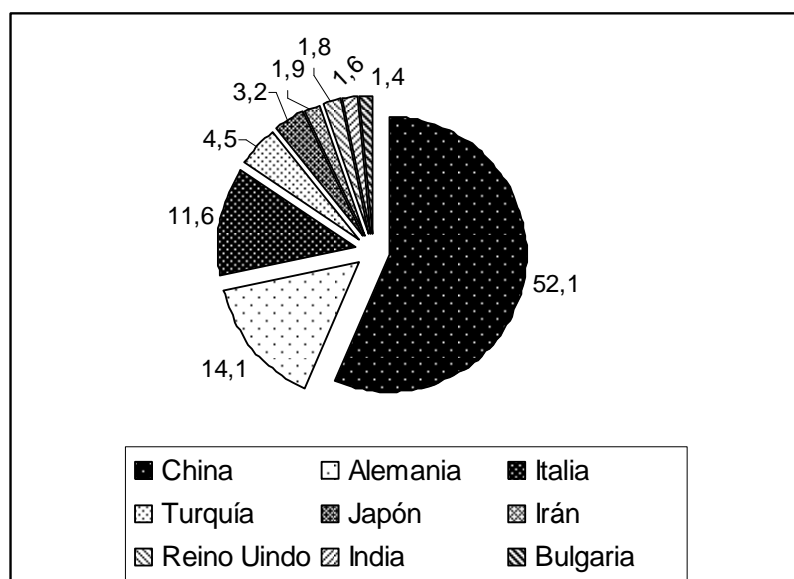


Figura 1. Destinos de las exportaciones del Rubro Ovino.
(Fuente: adaptado de S.U.L, 2010)

Las principales razas ovinas de acuerdo al número de ejemplares que existen en Uruguay son: Corriedale, Merino Australiano, Ideal, Merilin y Romney Marsh (Fig. 2). También cohabitan, en menor proporción, razas que son utilizadas fundamentalmente para cruzamientos de carne, por ejemplo, Texel, Ile de France, Hampshire Down, Southdown, Suffolk, Poll Dorset, Dohne Merino. En la Figura 2 se observa que Corriedale es la raza mayoritaria en nuestro país; es una raza doble propósito (carne y lana), originaria de Nueva Zelanda, creada a partir de la cruce en distinta proporción de Merino Neocelandés y Lincoln. El diámetro de las fibras de lana de la raza Corriedale se sitúa entre 27 y 30 micras (S.U.L, 2010).

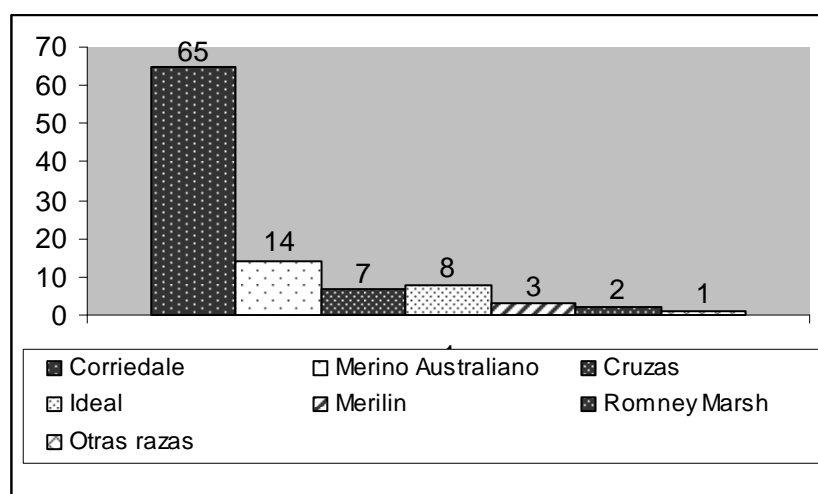


Figura 2. Distribución por porcentaje de las principales razas ovinas en Uruguay. (Fuente: adaptado de S.U.L, 2010)

2. Lana Uruguaya.

Nuestras lanas poseen características propias 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 nuestras explotaciones ovinas se desarrollan sobre pasturas naturales, sin contaminación de origen natural. Los valores de resistencia de las fibras uruguayas son de los más altos del mundo; en la mecha los valores promedio se ubican entre 40 y 42 N/Ktex. Esto determina mayores rendimientos en los procesos industriales (S.U.L, 2010).

El Secretariado Uruguayo de la Lana (S.U.L) desde 1970 ha trabajado en el tema de preservar las virtudes naturales de la fibra, eliminando todas aquellas posibilidades que puedan afectar sus características y propiedades; debido a que ciertas problemáticas (por ejemplo: presencia de fibras oscuras) inciden en el precio final de la misma, limitan la competitividad de la lana con otra fibras textiles y dificultan su colocación en los mercados con altos niveles de exigencia y parámetros de calidad.

Sin embargo, las lanas uruguayas también adolecen de algunos importantes defectos, como: alto contenido de fibras oscuras, fibras meduladas y coloraciones amarillentas. En esta revisión haremos mención al problema de las fibras oscuras.

3. Fibras Oscuras.

La lana es naturalmente blanca pero posee un cierto número de fibras oscuras (FO) que al momento de su procesamiento disminuyen la versatilidad de colores a utilizar en su tinción. 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 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).

A simple vista, las fibras marrones oscuras que son pigmentadas o teñidas por orina parecen similares. Para poder distinguir entre ellas se requiere un examen al microscopio, debido a que las fibras oscuras de ambas fuentes pueden variar desde negro a marrón muy pálido. Las fibras pigmentadas de melanina tienen el color de los gránulos de melanina de tamaños variables, mientras que las fibras teñidas por orina son uniformemente coloreadas (Fig. 3).

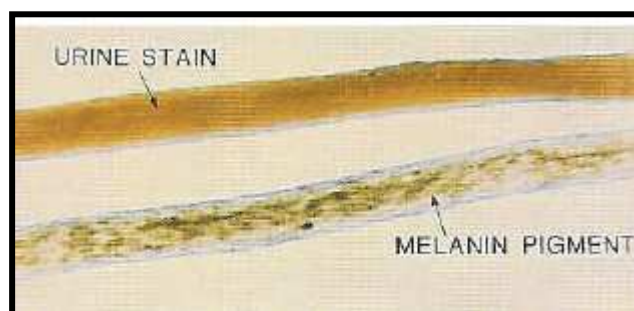


Figura 3. Fibras oscuras observadas al microscopio óptico (40X). Superior: Fibra coloreada de origen ambiental. Inferior: Fibra Pigmentada de origen genético (Fuente: CSIRO)

Los posibles orígenes de las fibras pigmentadas en los vellones blancos son: lunares en la piel del animal en zonas del vellón (congénitos ó de nacimiento, y no congénitos que aparecen con la edad) y fibras pigmentadas 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 fibras pigmentadas en tops uruguayos (Cardellino, 1992).
- Los lunares no congénitos que aparecen en la piel con la edad, producen una cantidad variable de fibras pigmentadas y se ubican preferentemente en el lomo de los animales (Fig. 4). 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, 2005; Fleet y Ponzoni, 1985).

- Las fibras pigmentadas 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 4. Lunares en lomo.
(Fotografía tomada por Francisco Peñagaricano)

Las fibras oscuras de origen ambiental se contrarrestan con la implementación del Plan de Acondicionamiento de Lanasy por el SUL (Fleet, 1999); en cambio las fibras pigmentadas de origen genético no son afectadas por los procedimientos de acondicionamiento, ya que no tienen una localización específica. Por lo tanto, su proporción e importancia se ven incrementadas.

Las lanasy Corriedale uruguayasy poseen en promedio 5000 FO/kg, siendo el 90% de origen ambiental (Cardellino et al., 1990). Con una adecuada técnica de esquila se pueden eliminar las fibras de origen ambiental, quedando las de origen genético (500 FO/kg), que aún superan ampliamente el mínimo exigido por los mercados de calidad (menos de 300 FO/kg) (Raquet F.,1997, comunicación personal).

El excesivo número de FO en las lanasy uruguayasy tiene un impacto negativo de 17 % en el valor del kg de lana (más de 30 millones de dólares anuales). Para solucionar este problema se deben diseñar y aplicar planes de selección que reduzcan la presencia de fibras oscuras, complementarios del Plan de Acondicionamiento de la Lana que actualmente atiende a los efectos ambientales.

4. Aspectos genéticos

4.1 Consideraciones generales

Según Ponzoni (1992), el punto de inicio en cualquier programa de selección consiste en la identificación de objetivos (aquellos rasgos biológicos que debemos mejorar genéticamente debido a su importancia económica) y criterios de selección (aquellas características genéticamente correlacionadas con el objetivo, heredables y fáciles de

medir, que vamos a utilizar para determinar el mérito genético de los animales individuales y luego realizar selección).

Normalmente, los programas de mejora genética trabajan con características cuantitativas. Entre otros aspectos, se requiere conocer la variabilidad de dichas características, a menudo expresada en forma de parámetros genéticos, para predecir los efectos de la selección. Explicamos estos conceptos a continuación, tomando como referencia a Cardellino y Rovira (1987).

Las observaciones que sirvieron de base a las Leyes de la Herencia se realizaron en caracteres cualitativos que expresaban diferencias de clase entre los fenotipos: semillas verdes o amarillas, pelo largo o corto, etc. Muchos caracteres de interés económico en producción animal, específicamente los que pueden ser medidos, varían en forma continua, lo que significa que los individuos no pueden ser clasificados en clases discretas. Estos caracteres son denominados cuantitativos, por ejemplo: peso, altura, tamaño de camada, conversión alimenticia, etc.

La existencia de gran cantidad de genes que determinan un carácter cuantitativo y la influencia del ambiente, hace imposible la estimación de las frecuencias génicas de cada uno de ellos. Para estos caracteres la caracterización de la estructura poblacional se realiza en base a otros elementos que, en definitiva, dependen de las frecuencias génicas. El estudio genético de un carácter cuantitativo se centra en el estudio de su variación, cuya medida matemática más comúnmente usada es la varianza.

La realidad biológica es muy complicada, y para poder describirla en sus aspectos más importantes se adoptan modelos relativamente sencillos, de fácil manipulación matemática, sabiendo que son simplificaciones. El modelo que se utiliza para estudiar la varianza fenotípica se descompone en varianza genotípica (V_G) y varianza ambiental (V_E). La varianza genotípica es la varianza de los valores genotípicos y la varianza ambiental es la varianza de las desviaciones ambientales:

$$V_P = V_G + V_E$$

Si se consideran todos los componentes del modelo genético, éste puede desglosarse como:

$$V_P = V_{Ga} + V_{Gd} + V_{Gi} + V_{Ep} + V_{Et}$$

Es decir, existe en la población distintas fuentes de variación debidas a cada uno de los componentes: varianza genética aditiva (V_{Ga}), varianza genética por dominancia (V_{Gd}), varianza genética por interacciones (V_{Gi}), varianza ambiental permanente (V_{Ep}) y varianza ambiental temporaria (V_{Et}) (Cardellino y Rovira, 1987)

4.2 Parámetros genéticos.

La heredabilidad de un carácter cuantitativo en una población expresa la proporción de la varianza fenotípica explicada por la varianza de los efectos aditivos (heredabilidad en sentido estricto, h^2). Es el parámetro genético de mayor importancia, ya que determina

la estrategia a ser usada en el mejoramiento de ese carácter. La heredabilidad indica en que medida diferencias fenotípicas para una determinada característica son explicadas por factores heredables o por el ambiente. Los valores de heredabilidad pueden variar de 0 a 1; si es cero, nada de la variación en el carácter es genético y la selección será totalmente inefectiva. Si la heredabilidad es uno, no hay variación ambiental y el valor fenotípico es igual al valor de cría, permitiendo una selección muy efectiva. Pocas veces, se llega a obtener heredabilidades iguales a 1, de hecho, ya una heredabilidad mayor a 0.7 se considera muy alta.

La heredabilidad en sentido estricto es la causa principal del parecido fenotípico entre parientes, es el determinante principal de las propiedades genéticas de una población y determina la tasa de cambio del carácter en la población como respuesta a la selección, así como el grado de depresión endogámica y de vigor híbrido esperable (Cardellino y Rovira, 1987).

Muchos caracteres de interés económico se manifiestan varias veces en la vida de un animal, por ejemplo: peso de vellón en ovinos, producción lechera de una vaca, etc. Para estas características se define el concepto de repetibilidad, el cual constituye otro parámetro de una característica determinada en una población. Al igual que la heredabilidad, la repetibilidad no es una constante biológica de un carácter, sino que depende de la composición genética de la población y de las circunstancias ambientales a las cuales está sometida la misma. Se define en términos generales como la correlación entre medidas repetidas sobre un mismo individuo, o sea entre medidas realizadas en dos momentos diferentes de su vida. También puede definirse como la fracción de la variación total del carácter que es debida al genotipo y al ambiente permanente (Cardellino y Rovira, 1987).

La repetibilidad, al igual que la heredabilidad, puede tomar valores entre 0 y 1. El significado de la repetibilidad se hace evidente cuando se compara con la heredabilidad. La repetibilidad es una indicación del grado en que la superioridad de un animal en una medida será observada en medidas subsiguientes del mismo animal, esto es dentro de su propia vida; mientras que la heredabilidad indica el grado en que la superioridad de los padres será observada en su descendencia.

La repetibilidad marca el límite máximo que puede alcanzar la heredabilidad, pues incluye también los efectos genéticos no aditivos y los ambientales permanentes. Por lo tanto, la heredabilidad de un carácter no puede ser mayor que la repetibilidad de la misma. Esta relación entre repetibilidad y heredabilidad resulta de suma importancia práctica. En forma experimental es más fácil obtener estimaciones de repetibilidad que de heredabilidad, ya que en el primer caso no se requiere una estructura familiar (Cardellino y Rovira, 1987).

A menudo las características no son genéticamente independientes unas de otras, y aunque la selección tenga por objetivo mejorar un solo carácter, simultáneamente se está también seleccionando, si bien en forma indirecta, por todos los demás caracteres asociados. Dicha asociación se expresa en forma de correlaciones entre valores genéticos aditivos de las características: la correlación genética (aditiva). Para planear y ejecutar programas de selección debemos tener estimaciones de las correlaciones genéticas entre los caracteres de importancia en la producción.

Las causas de la correlación genética entre dos caracteres pueden ser permanentes o transitorias. La causa permanente de que dos caracteres estén genéticamente correlacionados es la pleiotropía: algunos de los genes que afectan a la característica 1 afectan también a la 2. Una causa no permanente de correlación genética entre dos caracteres es el ligamiento. Con el tiempo, la correlación causada por el ligamiento tiende a desaparecer, a medida que el entrecruzamiento (“crossing-over”) va separando los genes que estaban originalmente en el mismo bloque en el cromosoma (Cardellino y Rovira, 1987).

La selección indirecta a través de una característica correlacionada será ventajosa en la medida que tenga mayor heredabilidad, que sea más fácil y/o menos costosa de medir ó pueda ser medida antes en la vida del animal que la característica objetivo de selección. Así, será más beneficioso seleccionar indirecta que directamente.

4.3 Parámetros genéticos de pigmentación.

A nivel internacional, el conocimiento sobre parámetros genéticos para características de pigmentación son escasos y referidos mayoritariamente a las razas Merino (Fleet, 1996; Feet et al., 2008) y Romney Marsh (Enns y Nicoll, 2002), lo cual es poco útil para plantear 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 la presencia de fibras pigmentadas aisladas en las razas Merino, Romney y Texel, que fue aproximadamente de 0.07 ± 0.08 en las tres razas. Este valor fue similar al obtenido por Fleet (1991) en la raza Merino, aunque menor a la estimada por el mismo autor (Fleet et al, 1990) en una majada Corriedale (0.45 ± 0.22). Para esta estimación existieron problemas notorios de diseño experimental reflejados en el error estándar sumamente alto. Otros estudios de Fleet (1996) en borregos Merino arrojaron una heredabilidad de 0.18 ± 0.12 para fibras pigmentadas aisladas, con errores estándar elevados.

Para la variable lunares, Fleet (1996) reportó una heredabilidad de 0.08 ± 0.07 en borregos de la raza Merino. Fleet y Lush (datos no publicados), citados por Enns y Nicoll, (2002), encontraron una heredabilidad de 0.27 ± 0.16 para lunares en la raza Corriedale. Enns y Nicoll (2002) estimaron mediante dos modelos estadísticos heredabilidades para dos tipos de lunares: lunares al destete (BWSw) y lunares al año de edad (BWSy) en la raza Romney Marsh. Estos autores encontraron valores bajos de heredabilidad para ambos tipos de lunares $0.00-0.07 \pm 0.018$ para BWSw, y $0.056-0.072 \pm 0.014$ para BWSy.

A nivel nacional, se determinaron parámetros genéticos de FP y otras características de pigmentación, desarrollando una alternativa tecnológica para la reducción de FP por vías genéticas (Urioste et al., 2008; Laporta et al, 2008). Estos estudios estimaron una heredabilidad de 0.20 para FP y una correlación genética positiva y alta con la presencia de lunares, indicando la posibilidad cierta de disminuir las FP mediante la selección en contra de lunares.

4.4 Asociaciones genéticas con rasgos productivos.

Desde los años 50 se sabe que la heredabilidad de las principales características de la lana es alta y también desde aquella época se sabe que la apreciación visual del peso de vellón, finura o rinde por parte del personal calificado tiene una correlación baja y variable con las mediciones objetivas de la balanza y análisis de muestra. Por ello, se iniciaron investigaciones para desarrollar métodos que permitieran hacer una definición cuantitativa de los objetivos de selección y de la importancia de los diferentes caracteres y propiedades a tener en cuenta. Los resultados de estos trabajos fueron el Woolplan en Australia, el Animal Plan en Nueva Zelanda, el Flock Testing en Uruguay y Provino en Argentina. Hoy día dichos caracteres definen el valor genético de los animales, y el valor económico de la lana en los mercados de todo el mundo (Cardellino, 1998).

Existe una notoria falta de información internacional sobre las asociaciones genéticas entre caracteres de pigmentación y otros más tradicionales y de indudable importancia económica, como diámetro de fibra, peso de vellón y resistencia de mecha. Fleet (1996) ha sugerido una asociación positiva entre FP y algunas características de importancia como peso de vellón limpio y peso corporal, aunque los resultados muestran errores estándar importantes debido a diseños experimentales limitados.

Fleet y Mortimer (datos no publicados), citado 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 -0.11 y 0.13. Sin embargo, las correlaciones genéticas estimadas fueron de mayor magnitud, aunque con desvíos estándar elevados, observándose tendencias genéticas opuestas entre peso de vellón y diámetro de fibra con las fibras pigmentadas aisladas en las siguientes generaciones (Cuadro 1). En el primer caso, cuando aumenta el mérito genético para peso de vellón disminuye el de número de fibras, lo cual es favorable para el productor ya que la calidad de su lana aumentará seleccionando por mayor peso de vellón. En el caso de diámetro de fibra y número de fibras pigmentadas el efecto sería desfavorable, debido que al seleccionar por menor diámetro aumenta el número de fibras pigmentadas.

Cuadro 1. Correlaciones entre fibras pigmentadas y rasgos productivos.(Fleet y Mortimer, datos no publicados, citado por Fleet,1996)

	Correlación Fenotípica		Correlación Genética	
	Peso de vellón	Diámetro de fibra	Peso de vellón	Diámetro de fibra
Fibras pigmentadas aisladas	-0.02	0.08	-0.35	-0.67

Fleet et al. (1990) realizaron una prueba de progenie para carneros Corriedale, a partir de la cual dilucidaron que las correlaciones fenotípicas entre la concentración de fibras pigmentadas y características productivas como peso de cuerpo, peso de vellón sucio y limpio, diámetro de fibra y largo de mecha fueron bajas y negativas (todas entre 0 y -0.18). El estudio fue hecho con pocos animales, no reportándose estimaciones de correlaciones genéticas.

5. Conclusiones

Las características de pigmentación son importantes económicamente y parecen ser heredables. A nivel internacional, los estudios de parámetros genéticos de características de pigmentación y rasgos productivos en Corriedale han sido escasos y de poca profundidad. A nivel nacional, se han hecho importantes avances en la estimación de parámetros genéticos para fibras pigmentadas y otros caracteres asociados, pero faltan estudios que asocien la presencia de fibras pigmentadas con caracteres del vellón (peso, diámetro de fibra, etc.), que son los que primariamente otorgan el valor económico a la lana de la raza Corriedale.

III. TRABAJO CIENTIFICO

RESUMEN

Estudios que asocien la presencia de fibras pigmentadas (FP) con caracteres del vellón (peso, diámetro de fibra, etc) en la raza Corriedale han sido escasos tanto a nivel internacional como nacional. El objetivo de este trabajo fue estudiar la variabilidad y las relaciones genéticas entre la presencia de fibras pigmentadas (PFP) y características del vellón de importancia económica, tales como peso de vellón sucio (PVS), peso de vellón limpio (PVL) y diámetro de la fibra (DF). Se dispuso del conteo de FP de 538 animales y registros de características del vellón de unos 741 animales. Con este trabajo se agregaron mediciones de PFP y FP/kg de 59 animales; y datos de PVS, DF y PVL de 181 animales, provenientes de dos majadas con un diseño experimental de familias de medio-hermanos paternos. Se describió la distribución según sexo y carneros y se estimaron los parámetros genéticos (heredabilidad y correlaciones genéticas) entre PFP y las características del vellón (PVS, PVL y DF), usando análisis bivariados de PFP y cada una de las otras tres características, que tomaron en cuenta los efectos de majada, año y animal. Los análisis descriptivos y genéticos sugieren la existencia de variabilidad genética en las características analizadas. Las tres estimaciones de heredabilidad (desvío estándar) para PFP variaron entre 0.244 (0.09) y 0.250 (0.09), para DF fue de 0.60 (0.07), para PVS de 0.31 (0.06) y para PVL de 0.32 (0.06). La correlación genética encontrada entre PFP y DF fue de 0.06 (0.17), entre PFP y PVS de -0.13 (0.17) y entre PFP y PVL de -0.11 (0.16). Los resultados de correlación genética son novedosos, debido a que no hay prácticamente antecedentes. Los valores fueron cercanos a cero, lo cual implica que al seleccionar por mayor peso de vellón o por menor DF no conlleva un empeoramiento en los niveles de FP en el vellón.

SUMMARY

Studies linking the presence of pigmented fibers (FP) with fleece characters (weight, fiber diameter, etc.) in the Corriedale breed has been limited both internationally and nationally. The aim of this work was to study the variability and genetic relationships between the presence of pigmented fibers (PFP) and fleece characteristics of economic importance, such as dirty fleece weight (PVS), clean fleece weight (PVL) and diameter fiber (DF). He set the FP count of 538 animals and records of fleece characteristics of about 741 animals. With this work we added measurements of PFP and FP / kg of 59 animals, and data from PVS, DF and PVL of 181 animals from two flocks with an experimental design of paternal half-sib families. It described the distribution by sex and rams and estimated genetic parameters (heritability and genetic correlations) between PFP and characteristics of the fleece (PVS, PVL and DF) using bivariate analysis of PFP and each of the other three characteristics that taking into account the effects of flock, year and animal. Descriptive and genetic analysis suggests the existence of genetic variability in traits. The three estimates of heritability (standard deviation) for PFP varied between 0.244 (0.09) and 0.250 (0.09) for DF was 0.60 (0.07) for PVS 0.31 (0.06) and for PVL 0.32 (0.06). The genetic correlation found between PFP and DF was 0.06(0.17), between PFP and PVS -0.13 (0.17) and between PFP and PVL -0.11 (0.16). The results of genetic correlation are novel, because practically no background. The values were close to zero, which means that selecting for increased fleece weight or less DF does not entail a deterioration in the levels of FP in the fleece.

INTRODUCCION.

Uruguay es tradicionalmente un país exportador de lana, con un valor de exportación promedio (últimos 5 años) de 183 millones de dólares (S.U.L, 2010). La lana es naturalmente blanca pero posee un cierto número de fibras oscuras (FO) que al momento de su procesamiento disminuyen la versatilidad de colores a utilizar en su tinción. El origen de las FO es tanto ambiental (tinción de la fibra con orina, materia fecal y productos químicos) como genético (producción de fibras con melanina, FP).

Las lanas Corriedale uruguayas poseen 5000 FO/kg siendo el 90% de origen ambiental (Cardellino et al., 1990). Con una adecuada técnica de esquila se eliminan las fibras de origen ambiental, quedando las de origen genético (500 FO/kg), que aún superan ampliamente el mínimo exigido por los mercados de calidad (menos de 300 FO/kg) (Raquet F.,1997, *comunicación personal*).

Para solucionar este problema se deben diseñar y aplicar planes de selección que reduzcan las FP, complementarios del Plan de Acondicionamiento de la Lana que actualmente atiende a los efectos ambientales. Para proponer un programa nacional de mejoramiento genético se debe disponer de información sobre la incidencia de las FP y de características de producción (peso de vellón sucio (PVS), peso de vellón limpio (PVL) y diámetro de la fibra (DF)), así como sus parámetros genéticos para la raza Corriedale en nuestro país.

A nivel internacional, los estudios de parámetros genéticos de características de pigmentación y rasgos productivos en Corriedale han sido escasos y de poca profundidad. A nivel nacional, dentro del proyecto PDT 35-02 “Disminución de FP en Corriedale por vías genéticas”, se determinaron parámetros genéticos de FP y otras características de pigmentación, desarrollando una alternativa tecnológica para la reducción de FP por vías genéticas (Urioste et al., 2008; Laporta et al, 2008), pero falta información sobre las asociaciones entre la presencia de FP y caracteres del vellón, que son los que primariamente otorgan el valor económico a la lana. Esta es la principal justificación del estudio propuesto, cuyo objetivo es estudiar la variabilidad y las relaciones genéticas entre la presencia de FP y características del vellón de importancia económica, tales como DF, PVS y PVL. Este trabajo se incluye en el contexto del proyecto anteriormente mencionado.

MATERIALES Y METODOS.

1. Animales experimentales.

Las Facultades de Agronomía y Veterinaria poseen dos majadas experimentales de la raza Corriedale en las Estaciones Experimentales Bernardo Rosengurt (1000 há, Cerro Largo) y Mígues (560 há, Canelones) respectivamente. Estas majadas (350 hembras cada una) están sometidas desde el año 2002 a un diseño experimental de familias de medio hermanos paternos (Lynch et al., 1998) y conectadas genéticamente a través del uso común de carneros, lo cual permite la estimación precisa de parámetros genéticos. Ambas estaciones cuentan con instalaciones para el manejo de ovinos y personal de campo capacitado para su control. El manejo es el de un sistema productivo tradicional, de pastoreo mixto, con bovinos y sobre pasturas naturales, similares a la mayoría del país. Se realiza esquila en Octubre/Noviembre, encarnerada en marzo/abril, parición en agosto/setiembre, señalada al finalizar la parición y destete en noviembre/diciembre. En ambas estaciones se realizó esquila Tally-Hi con acondicionamiento. Las instalaciones para efectuar las operaciones fueron los bretes del galpón de esquila.

2. Base de datos y registros.

La base de datos contiene información genealógica de 3792 animales provenientes de las dos majadas experimentales. Se contó con registros levantados en proyectos anteriores, de presencia/ausencia de fibras pigmentadas (PFP), de número de fibras pigmentadas por kg de lana lavada (FP/kg) y características de vellón (peso de vellón sucio (PVS), diámetro de fibra (DF) y peso de vellón limpio (PVL)). Se dispuso del conteo de FP de 538 animales (esquilas 2005 y 2006 de, Bernardo Rosengurt y 2005, 2006 y 2007 de Mígues) y registros de características del vellón de unos 741 animales (esquilas 2005, 2006 y 2007)

Con este trabajo se agregaron mediciones de PFP y FP/kg de 59 animales provenientes a la Estación Mígues (esquila 2007); y datos de PVS, DF y PVL de 181 animales provenientes de la Estación Bernardo Rosengurt (esquila 2007). Las muestras de lana ya estaban tomadas, pero se debió procesarlas en el Laboratorio de Lanas de la Facultad de Veterinaria. En el Cuadro 1 se especifica el número de observaciones obtenidas por año y Estación Experimental.

Cuadro 1. Número de animales registrados, por año y Estación Experimental.

AÑOS	ESTACIÓN EXPERIMENTAL	ANIMALES	PVS*	PVL*	DF*	FP*
2005	Bernardo Rosengurt	183	183	183	163	181
	Mígues	157	83	62	97	156
2006	Bernardo Rosengurt	144	144	138	144	73
	Mígues	169	169	169	169	128
2007	Bernardo Rosengurt	182	181	180	181	
	Mígues	162	162	162	162	59
TOTAL		997	922	894	916	597

*PVS=peso de vellón sucio, PVL=peso de vellón limpio, DF=diámetro de la fibra y FP= fibras pigmentadas.

El número de hijos medidos por carnero aparece detallado en el Cuadro 2. A un solo carnero se le midió toda su progenie para los cuatro caracteres estudiados, el mta1369. A otros se le midió gran parte de su progenie para las características de vellón (PVS, DF y PVL), pero pocos hijos para la variable fibras pigmentadas (carneros bta 8417, bta3194). Del carnero mta4430 se obtuvieron más registros de fibras pigmentadas (51) que de vellón (34).

Cuadro 2. Número de hijos (medidos) por carnero para cada característica.

Carneros	PVS*	DF*	PVL*	FP*
bta2790	74	70	74	52
bta329	23	21	23	23
bta394	83	81	83	69
bta716	38	36	36	37
mta1369	16	17	16	17
mta4421	72	72	70	51
mta4430	34	38	28	51
mta4271	28	28	28	14
mta3060	61	64	54	51
mta276	53	58	48	50
bta99999	28	28	27	0
bta8417	45	45	45	10
bta60	29	29	29	0
bta431	26	26	26	0
bta4240	14	14	14	0
bta381	81	77	79	80
bta352	40	37	40	25
bta3194	30	30	30	1
bta3	71	71	71	44
bta178	7	7	7	0
bta158	9	8	8	2

*PVS=peso de vellón sucio, PVL=peso de vellón limpio, DF=diámetro de la fibra y FP= fibras pigmentadas.

2..1 Registros de fibras pigmentadas.

Las muestras de lana se tomaron de vellones recién esquilados y extendidos sobre una mesa de acondicionado (Fig.1). Se extrajeron 104 mechas procedentes de diferentes zonas del vellón. En el Laboratorio de Lanas se prepararon las muestras obtenidas para la detección de FP (metodología de Fleet y Stafford, 1989), obteniendo 104 mechas de cada animal de aproximadamente 2.5 g cada una.



Figura 1. Toma de muestras de lana. (Fotografía tomada por Jorge Urioste)

Para el lavado de las muestras se utilizó un tren de lavado de 4 piletas (Fig.2A), con agua a distinta temperatura y diferentes concentraciones de detergente no iónico diluido al 25% en las 3 primeras piletas, siendo la última de enjuague.

Temperaturas y detergente de cada pileta:

- Pileta 1: $65^{\circ}\text{C} \pm 2$ – 120 cc de detergente
- Pileta 2: $60^{\circ}\text{C} \pm 2$ – 90 cc de detergente
- Pileta 3: $55^{\circ}\text{C} \pm 2$ – 60 cc de detergente
- Pileta 4: $45^{\circ}\text{C} \pm 2$ – sin detergente

La muestra procedente de cada animal se introdujo en 4 bolsas de malla correctamente identificadas conteniendo 26 mechas cada una. Las bolsas se sumergieron durante 3 minutos en cada pileta. El pasaje de una pileta a la otra se realizó sin la utilización de los rodillos para mantener la forma de las mechas. Al finalizar el lavado se centrifugaron las bolsas que contenían las muestras a efectos de eliminar el exceso de agua y se secaron en estufa de aire forzado a una temperatura de 105°C durante 3 horas (Fig 2B). Por último se acondicionaron durante 12 horas a una temperatura de $20^{\circ}\text{C} \pm 2$ y $65\% \pm 2$ de humedad, a efectos de tomar los pesos de las muestras en condiciones estándar (Fig. 2C).

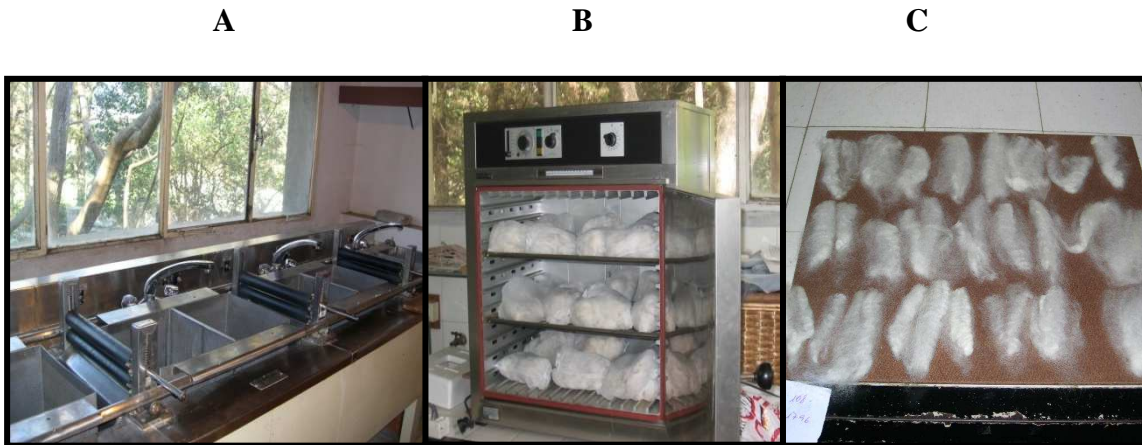


Figura 2. A: Tren de lavado. B: Estufa de aire forzado. C: Mechas acondicionadas (Fotografías tomadas por Inés Sienna)

Para el conteo de las fibras coloreadas en la lupa con iluminación balanceada se utilizó el IWTO Draft Test Method 13-97 “Counting of coloured fibres in tops by the balanced illumination Method”. La lupa con iluminación balanceada (Fig. 3A) está compuesta por:

- Un tubo de luz fluorescente, sobre el cual se coloca una placa de acrílico translúcida, para el aporte de una iluminación difusa.
- Una lupa con un tubo de luz circular que gira sobre un pilar y que aporta iluminación superior a la muestra.
- Un par de placas de vidrio de 20 x 20 centímetros para comprimir la muestra de lana.

La intensidad de la lupa se calibró utilizando una placa de referencia (Fig. 3B) proporcionada por el Secretariado Uruguayo de la Lana, que contiene fibras blancas distribuidas entre dos vidrios y coloreadas del marrón pálido al negro clasificadas en la escala del 1 al 8 (negra). Para ajustar la intensidad de la luz se colocó la placa de referencia y se reguló de modo que las fibras blancas fueran casi invisibles y se pudieran observar las fibras coloreadas a partir del grado 5 hasta el 8 de la placa.



Figura 3. A: Lupa. B: Placa de referencia.(Fotografías tomadas por Jimena Laporta e Inés Sienna, respectivamente)

Para una mejor visualización se dispersaron las fibras de lana entre 2 placas de vidrio de 20x20 cm y se movió la placa sobre el centro de la base iluminada siguiendo un

recorrido en zigzag para asegurarnos de inspeccionar la totalidad de la muestra. Se registró la presencia de fibras coloreadas de más de un centímetro, que se encuentran dentro de la escala del 5 al 8 y otro tipo de fibras contaminantes.

Las fibras coloreadas encontradas en la lupa se clasificaron en la escala de 5 al 8 y se retiraron con una pinza para su observación microscópica. Se midió el largo y posteriormente se las colocó en el portaobjetos con una gota de aceite de inmersión y se cubrió con el cubreobjeto. Las fibras observadas en el microscopio se clasificaron en ambientales y genéticas, según la presencia o no de gránulos de melanina en el interior de las mismas. Si se detectaban en la muestra fibras coloreadas de color diferente al marrón o al negro, se registraron como contaminantes. Los resultados se expresaron en número de fibras pigmentadas por kilogramo de lana lavada y acondicionada (FP/kg), se almacenaron en planillas Excel y luego se ingresaron en una base de datos.

2.2 Registros de características de vellón.

Durante la esquila se tomó el PVS y se extrajeron muestras de zona de costilla, para realizar mediciones de resistencia de la mecha, rendimiento al lavado (con el que se calcula el PVL) y DF promedio.

Para el rendimiento al lavado, se pesaron 100g de lana sucia y se introdujeron en una bolsita de malla, numerada. Estas muestras fueron lavadas con el mismo procedimiento que las muestras para la determinación de fibras coloreadas. Se acondicionaron 12 horas en el laboratorio, con atmósfera controlada (20 grados \pm 65% humedad) a los efectos de que la lana absorba la humedad ambiente (aproximadamente un 16%).

Se pesaron las bolsitas de malla y de cada muestra se sacó al azar una pequeña submuestra para calcular el porcentaje de humedad absorbida. Para ello se secó en la estufa (100g) hasta peso constante y se calculó la humedad, cuando no fue del 16% se corrigió el rendimiento (Regain). El Regain se calculó:

$$\text{REGAIN\%} = \frac{(\text{PMA} - \text{PMS}) \times 100}{\text{PMS}}$$

donde PMA es el peso acondicionado (100g secados en la estufa), y PMS es el peso seco (peso constante después de haberse secado). Con el cálculo del regain, se busca en una tabla el factor de corrección adecuado a ser aplicado al peso acondicionado para obtener el rendimiento al lavado.

Con los datos de PVS y rendimiento al lavado se obtuvo el PVL:

$$\frac{\text{PVS} \times \text{Rendimiento}}{100} = \text{PVL}$$

Para el diámetro promedio de la fibra se retiró una muestra de entre 3 y 5 g de lana lavada. Se cardó con cardadora manual con el objetivo de abrir las mechas, mezclar las fibras y eliminar la materia vegetal adherida. Se pesaron $2.5\text{g} \pm 0.002$ y se determinó el diámetro promedio por medio del Air-Flow (Figura 4). Se realizaron 4 mediciones, se promediaron y se corrigieron por temperatura y humedad en el momento del ensayo.



Figura 4. Air-Flow. (Fotografía tomada por Karina Neimaur)

3. Análisis estadístico

Los datos se caracterizaron inicialmente a través de una estadística descriptiva: media, desvío estándar, máximo, mínimos y distribuciones según diversos factores (sexo y carneros).

Las variables analizadas fueron de dos tipos:

- continuas: PVS, DF y PVL.
- binarias: PFP.

Las diferencias de medias para las características analizadas (PVS, PVL, DF y PFP), fueron testadas estadísticamente utilizando el siguiente modelo de efectos fijos:

$$y = \text{año-majada} + \text{sexo} + \text{padre}$$

donde **y** es el valor observado de la característica medida en el animal individual, **año-majada** es el efecto ambiental fijo de la combinación de la majada y el año de la toma de registro, **sexo** es el efecto fijo del sexo (machos o hembras) y **padre** es el efecto fijo del padre el cual tiene una mezcla de efectos genéticos y ambientales.

La variable binaria (PFP) se analizó utilizando un modelo umbral (Wright, 1934) bajo 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. La variable subyacente, se denomina susceptibilidad (“liability”), y es influenciada tanto por efectos ambientales (de carácter permanente o temporario) como por numerosos genes que tienen pequeños efectos aditivos. Las respuestas binarias observadas serán 0 (ausencia) o 1 (presencia) según si la susceptibilidad es capaz de rebasar o no el valor umbral.

El modelo lineal general del análisis estadístico fue:

$$y_{ij} = \text{año-majada}_i + \text{efecto animal}_j + \text{error}_{ij}$$

donde y_{ij} es la observación (susceptibilidad en el caso de la presencia de FP) 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, efecto animal_j es el efecto genético aditivo del animal considerando simultáneamente todos los parentescos y error_{ij} es el efecto ambiental aleatorio del error.

Se aplicó un “modelo animal bivariado”, que analiza simultáneamente dos características (FP y caracteres de vellón), a los efectos de tomar ventaja de las correlaciones genéticas y ambientales entre características, las cuales son también estimadas. Para ello se utilizó el programa de thrgibbs1f90 (creado por Dr. I. Misztal, Universidad de Georgia, Estados Unidos), a partir del cual se obtuvieron los componentes de varianza que permiten estimar heredabilidades y correlaciones genéticas entre las características analizadas. La corrida en este programa fue de 1 cadena de 1.000.000 iteraciones, donde las primeras 300.000 fueron descartadas (burn-in), y las muestras se obtuvieron de las siguientes 700.000 cada 200 iteraciones (thinning), quedando 3500 muestras finales.

Además se realizó el diagnóstico de convergencia de Geweke (Geweke convergence diagnostic), este permite el análisis de convergencia de la media, cuando el p-valor es mayor a 0.05 significa que los resultados de esta prueba no presentan ninguna evidencia en contra de la convergencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Los resultados se muestran en figuras y cuadros descriptivos.

1. Fibras pigmentadas y características de vellón.

El Cuadro 3 muestra una descripción estadística de todas las características analizadas (FP/kg, PVS, DF y PVL). El promedio de PVS fue de 2,131 kg y el de vellón limpio de 1,666 kg. El DF dio un promedio de 25,93 micras, este resultado no está dentro de lo esperado en la raza Corriedale, que se sitúa entre 27 y 30 micras (S.U.L, 2010), debido a que se trata de borregos/as Corriedale. El promedio de FP/kg fue de 155 pero el desvío observado fue muy grande.

Cuadro 3. Descripción estadística de peso de vellón sucio, diámetro de la fibra, peso de vellón limpio y de fibras pigmentadas por kg de lana lavada.

	PVS* (kg)	DF* (micras)	PVL* (kg)	FP/kg*
Promedio	2,131	25,93	1,666	155
Desvío	0,494	3,64	0,408	756
Máximo	3,860	38,63	3,003	12054
Mínimo	1,000	14,80	0,651	0

*PVS= peso de vellón sucio, DF=diámetro de la fibras, PVL=peso de vellón limpio y FP/kg= número de fibras pigmentadas por kg de lana lavada.

El Cuadro 4 ilustra la incidencia de FP según año de esquila y Estación Experimental. Se observó variación entre las dos majadas, registrándose en el año 2005 un mayor porcentaje de FP en Bernardo Rosengurtt (57%). Sin embargo en la esquila del 2006, el porcentaje de FP en Migues fue mayor que el de Bernardo Rosengurtt, 65% y 57% respectivamente. En el 2007 no se pudo comparar entre las dos Estaciones debido a que no se obtuvieron registros en Bernardo Rosengurtt. Los registros de esta última se mantuvieron relativamente constantes, en cambio los registros de Migues fueron bastante diferentes en los tres años, 37%, 65% y 54% respectivamente.

Cuadro 4. Incidencia de fibras pigmentadas (%FP) según año de esquila y Estación experimental.

Esquila (Año)	Estación	N	FP
2005	BR*	181	57%
	M*	156	37%
2006	BR*	73	56%
	M*	128	65%
2007	BR*		
	M*	59	54%

*BR= Estación Experimental Bernardo Rosengurtt y M= Estación Experimental Migues.

2. Efecto de majada-año y sexo.

El efecto majada-año fue importante, fueron significativos en PVS, PVL y DF. Este efecto puede estar explicado por componentes genéticos y también de manejo, pudiéndose asumir que el primero es de mayor importancia que el segundo. Sin embargo, el efecto sexo no fue significativo para PVS y PVL, pero si lo fue para DF. La variable PFP no fue testada estadísticamente debido a que los datos no presentaron una distribución normal, para ello se debería realizar una transformación de los mismos, solamente se describen.

El promedio de los machos fue mayor que el de las hembras, aproximadamente 450 FP/kg para los machos y 150 FP/kg para las hembras (Figura 5). Sin embargo, el desvío de FP/kg fue muy grande (755), por lo cual no se puede afirmar que estas diferencias entre sexos sean significativas.

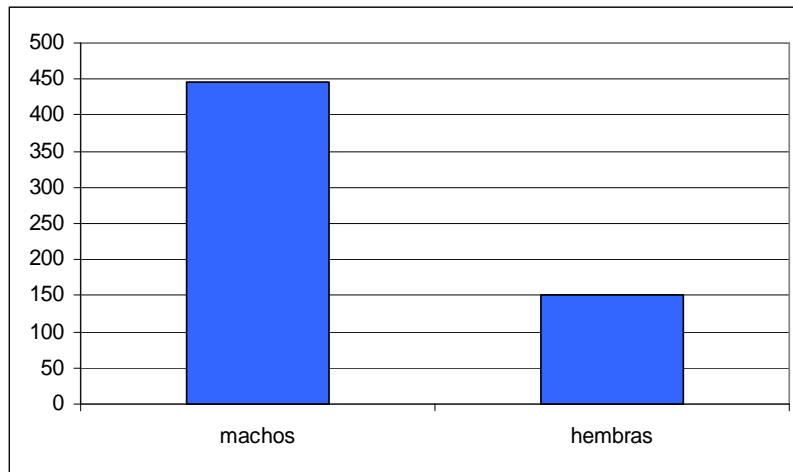


Figura 5. Promedio de fibras pigmentadas por kg de lana lavada (FP/kg) en machos y hembras.

Para los pesos de vellón, tanto sucio como limpio, también se observó la existencia de variabilidad fenotípica entre sexos, de unos 0.025 kg aproximadamente (Figuras 6 y 7). El PVS fue aproximadamente de 2.145 kg en machos y 2.120 kg en hembras (diferencia aprox. 0.025kg); y el promedio de PVL fue de 1.685 kg en machos y 1.655 kg en hembras (diferencia aprox. 0.030kg). Como se mencionó anteriormente las diferencias de medias fueron testadas estadísticamente y no presentaron diferencias significativas entre machos y hembras.

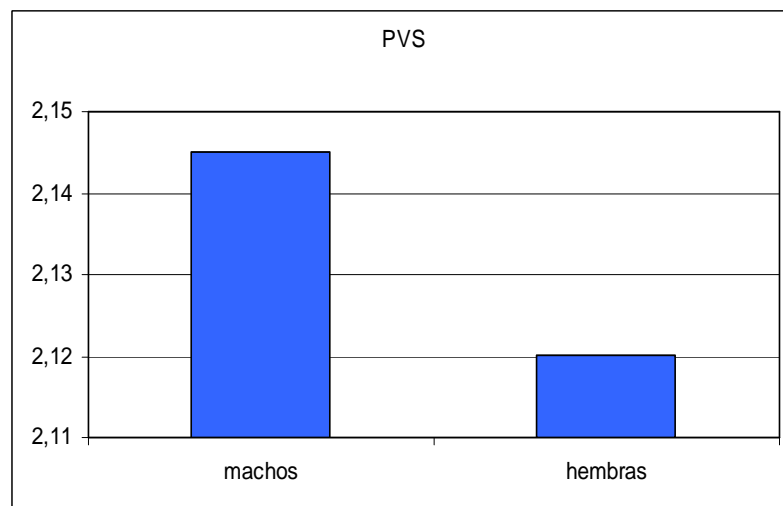


Figura 6. Promedio de peso de vellón sucio (kg) en machos y hembras.

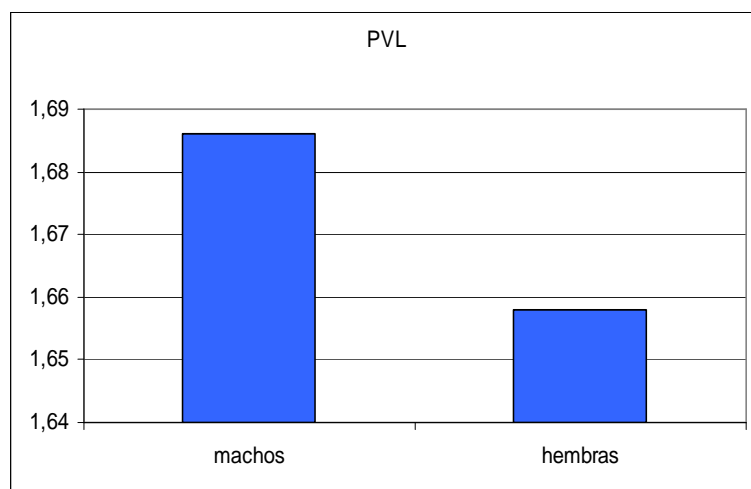


Figura 7. Promedio de peso de vellón limpio (kg) por sexo.

Al contrario de las situaciones anteriores donde los promedios de los machos era mayor que el de las hembras, en el caso de DF el promedio de las hembras fue mayor que el de los machos, cercano a 26.3 micras y 25.5 micras, respectivamente (Figura 8). El test estadístico para la diferencia de medias entre sexos fue significativo en los animales procedentes de Bernardo Rosengurtt, las hembras dan vellones más gruesos que los machos. Probablemente estas diferencias puedan deberse a un tema de manejo, debido a que los corderos y corderas hasta el destete tienen la misma alimentación junto a la madre, luego se separan por sexo. Entonces los machos van a estar en lote/s de manejo diferente a las hembras luego del destete. Sin embargo, para los animales procedentes de Mígues no hubo diferencias significativas entre sexo, esto puede deberse a que en esta Estación los machos y las hembras se encuentran en el mismo lote.

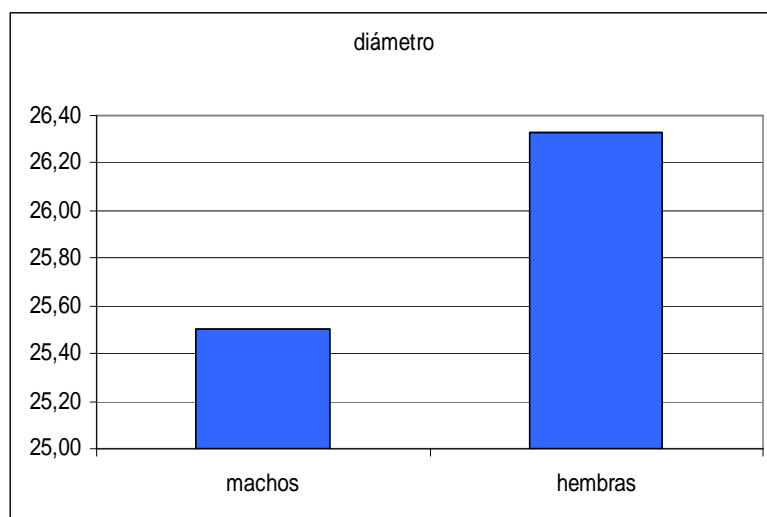


Figura 8. Promedio de diámetro de la fibras en machos y hembras.

3. Variabilidad entre carneros.

Las características PVS, PVL, DF, número de FP/kg y % de hijos con FP se analizaron también por padre (familias de medio hermanos), tomándose en cuenta aquellos carneros que tenían 15 hijos o más. El test estadístico de diferencias de medias dio que hay diferencias significativas entre familias en las características estudiadas.

Existe variación entre familias del promedio de PVS, observándose familias extremas, los carneros mta4421 y bta3 con un promedio de 1,7 kg y bta99999 con un promedio de 3.0 kg aproximadamente (Figura 9).

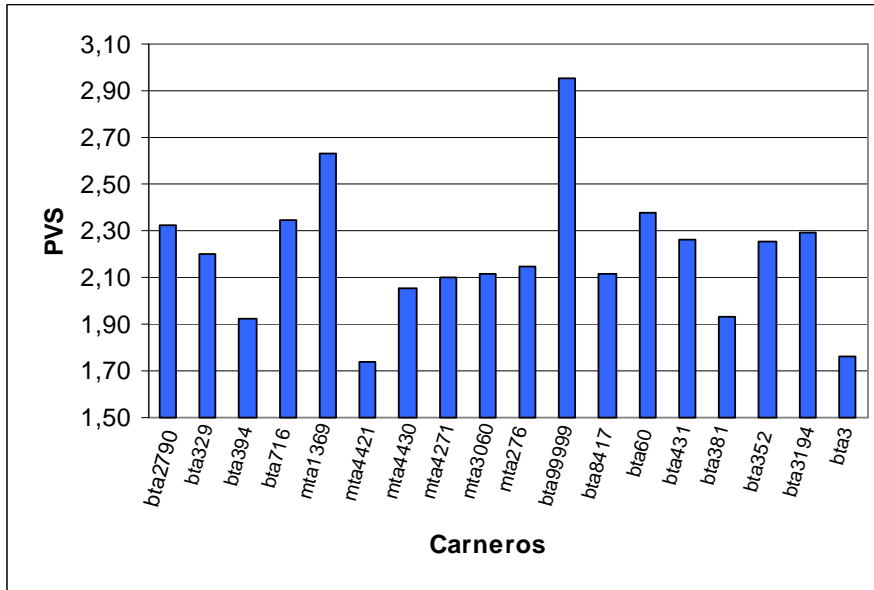


Figura 9. Promedio de peso de vellón sucio (kg) por carnero.

Para la variable PVL (Figura 10), la distribución de su promedio fue similar a la de PVS, pero con valores más bajos (mta4421 de 1.4 kg, bta99999 de 2.3 kg aproximadamente).

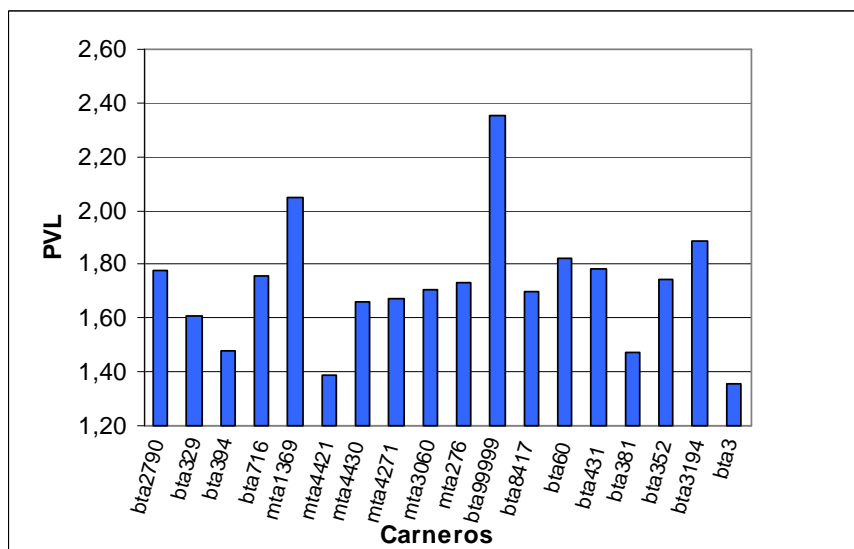


Figura 10. Promedio de peso de vellón limpio (kg) por carnero.

En la distribución de los promedios de DF para cada carnero (Figura 11), también se observó variación entre familias, siendo los valores mínimos cercanos a 23 micras (bta4421) y los máximos cercanos a 34 micras (bta 99999). El 90% de las familias estuvieron por debajo de las 30 micras.

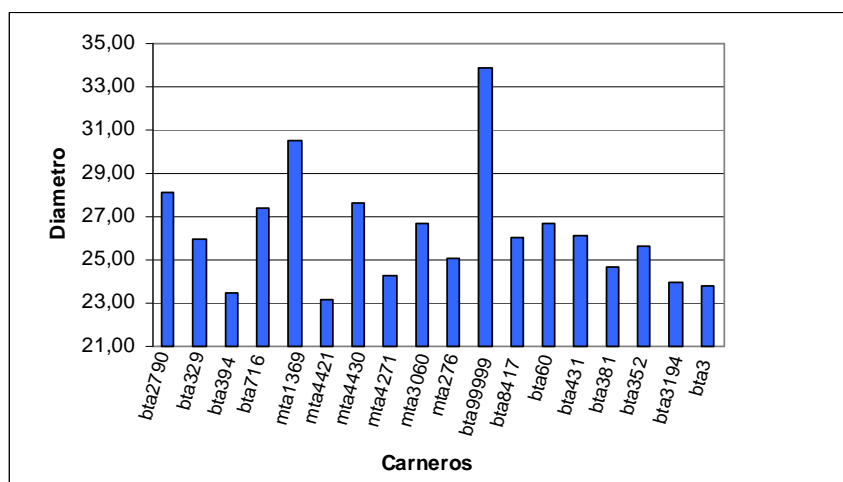


Figura 11. Promedio de diámetro de la fibra (micra) para cada carnero.

Para la variable FP/kg, se contó con un menor número de datos que para las características de producción. En la Figura 12 se observa el número de fibras pigmentadas por kilogramo de lana lavada producidas por la progenie de cada carnero. Se observaron familias extremas, mta1369 con pocos registros (aproximadamente 20) y bta3 con gran cantidad de registros (cerca de 550). De las 12 familias analizadas, 5 tuvieron más de 300 FP/kg de lana lavada, superando ampliamente el mínimo permitido por los mercados de calidad para la finura de la raza Corriedale (Raquet F., 1997, comunicación personal).

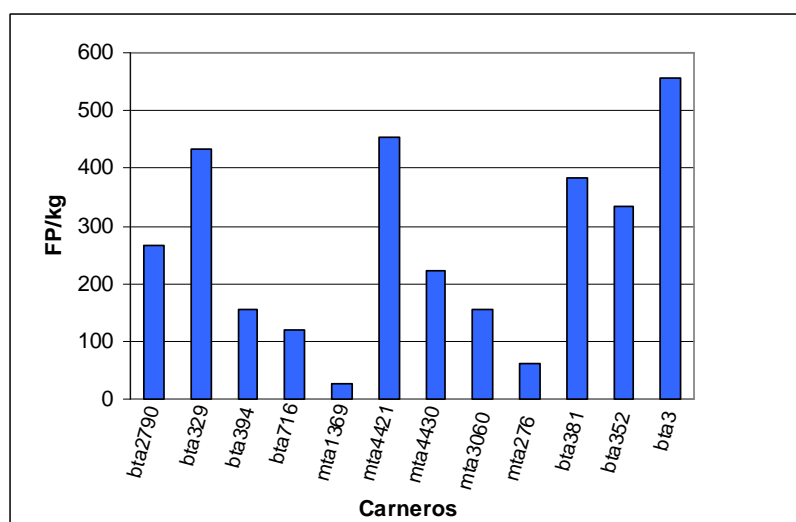


Figura 12. Número de fibras pigmentadas (FP) por kilo de lana lavada por carnero.

También se constataron diferencias entre familias en cuanto a presencia de FP, expresado como porcentaje de hijos (borregos/as) con fibras por carnero (Figura 13). El promedio general fue de entre 40-60 % de hijos con fibras, pero se identificaron familias con 30% y 70% como valores extremos.

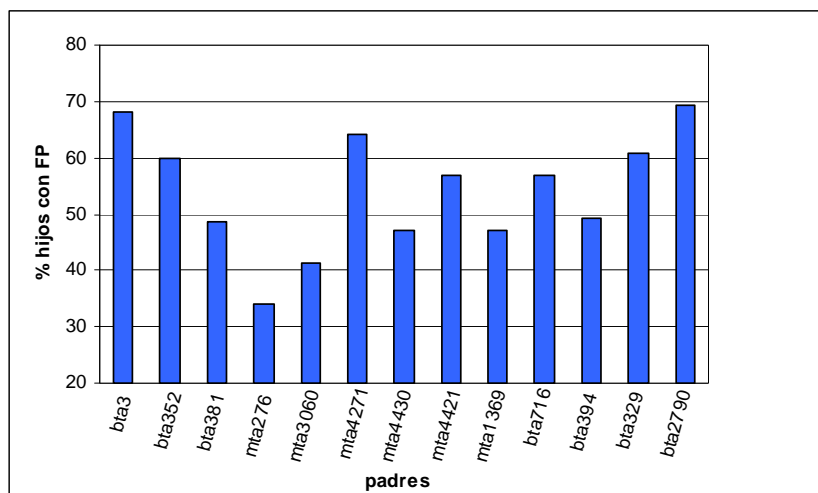


Figura 13. Porcentaje de hijos que presentaron fibras pigmentadas (FP) para cada carnero.

En resumen, la variabilidad observada en familias de medio-hermanos paternos no es definitiva (hay una mezcla de efectos genéticos y ambientales) pero sugiere la presencia de variabilidad genética en los tres caracteres de producción estudiados (PVS, PVL y DF), y en las variables PFP y FP/kg.

4. Análisis genético.

Se estimaron la varianza aditiva, la varianza del error y la heredabilidad de las FP, del PVS, del DF y PVL. También se estimó la covarianza y las correlaciones genéticas entre FP y las características de vellón.

La estructura familiar establecida (grupos de medio-hermanos paternos) permitió estimar parámetros genéticos relevantes con una precisión razonable para la presencia de lunares y fibras pigmentadas. Se observa que las estimaciones de heredabilidad para las variables estudiadas se aproximan a las estimaciones en la bibliografía. Se detectó variabilidad genética en los tres caracteres de producción estudiados (PVS, PVL y DF), y en las variables PFP y FP/kg.

Los valores de heredabilidad obtenidos en este trabajo para la variable PFP fueron de 0.244 ± 0.09 , 0.250 ± 0.09 , y 0.245 ± 0.09 , con cierta incertidumbre en las estimaciones (reflejada en el desvío estándar de 0.09) debido al bajo número de datos que se tienen analizados hasta el momento. Estas estimaciones son similares a las preliminarmente

reportadas por Urioste et al. (2008), Laporta et al. (2008) y Rosas (2009), de 0.21 ± 0.10 , 0.35 ± 0.15 y 0.21 ± 0.06 respectivamente, usando parcialmente la misma base de datos. También concuerdan con la estimación de Fleet y Mortimer (datos no publicados, citado por Fleet, 1996), la cual fue de 0.18 ± 0.12 en la raza Merino. Sin embargo, difieren del resultado de Fleet et al. (1990), de 0.45 ± 0.22 en la raza Corriedale (estimación basada en una muestra de 14 animales, con debilidades notorias de diseño experimental); y son mayores que al obtenido por Andrews et al. (1995, citados por Enns y Nicoll, 2002) de aproximadamente 0.07 ± 0.08 en las razas Merino, Romney y Texel.

La heredabilidad del DF fue de 0.60 ± 0.07 (Cuadro 5), este resultado es mayor a las estimaciones realizadas a nivel nacional para la misma raza de 0.47 (Gimeno, D., 2010, comunicación personal) y los trabajos citados por Cardellino y Rovira (1987) quienes reportan que la heredabilidad de diámetro está en un rango de 0.30-0.50. Pero está acorde a los resultados de Brash et al. (1994b) y Benavides et al. (1998) de 0.56 ± 0.10 y 0.52 ± 0.07 respectivamente en Corriedale. También concuerdan con las estimaciones de Ciappesoni et al. (2006) de 0.67 en la raza Merino Uruguayo, Safari et al (2005 y 2007) de 0.59 y 0.57 en Merino Australiano y Wuliji et al (1998) de 0.55 ± 0.05 en la raza Romney.

La estimación de heredabilidad de PVS y PVL fueron de 0.31 ± 0.06 y 0.32 ± 0.06 , respectivamente (Cuadro 5). Estos resultados se encuentran dentro del rango de 0.30 - 0.60 reportado por Cardellino y Rovira (1987). Estas heredabilidades de peso de vellón son similares a las estimaciones de Brash et al. (1994b) de 0.32 ± 0.07 para PVS y de 0.29 ± 0.07 para PVL en la misma raza. También está acorde a los resultados de Safari et al. (2005 y 2007) de 0.25 y 0.30 para PVS y de 0.29 y 0.28 para PVL en Merino Australiano y a los de Wuliji et al. (1998) de 0.33 ± 0.04 para PVS y de 0.34 ± 0.04 para PVL en la raza Romney. Sin embargo, es un poco mayor que las estimaciones realizadas por Gimeno de 0.22 para PVS pero similar para PVL de 0.26 (D. Gimeno, comunicación personal, 2010). Estas estimaciones fueron menores que los resultados de Benavides et al. (1998) de 0.55 ± 0.07 para PVS y de 0.52 ± 0.07 para PVL en Corriedale y ligeramente menores que los de Ciappesoni et al. (2006) de 0.39 para ambos pesos de vellón en Merino Uruguayo.

La correlación genética estimada entre las FP y DF, fue de 0.06 ± 0.17 , la cual no es diferente de cero (Cuadro 5). El efecto de este resultado sería favorable para el productor, ya que la selección por menor diámetro no va a afectar desfavorablemente el número de FP. Este resultado difiere de lo obtenido por Fleet y Mortimer (datos no publicados, citados por Fleet, 1996), quienes estimaron una correlación negativa y de magnitud alta (-0.67); en este caso el efecto es desfavorable, debido que al seleccionar por menor diámetro aumenta el número de FP.

La correlación genética entre FP y PVS se estimó en -0.13 ± 0.17 ; y la de FP con PVL en -0.11 ± 0.16 (Cuadro 5), siendo ambas correlaciones no distintas de cero. Estos valores, al igual que la correlación entre FP y DF no tienen un efecto desfavorable para el productor, debido a que la selección por un mayor mérito genético para peso de vellón no afecta el de número de fibras. Dichas estimaciones son menores que los resultados de Fleet y Mortimer (datos no publicados, citado por Fleet 1996), los cuales estimaron una correlación también negativa y de magnitud moderada (-0.35).

Cuadro 5 Estimación de parámetros genéticos (desvío estándar) de características de producción.

	PVS*	PVL*	DF*
σ_A^2 *	0.05 (0.01)	0.04 (0.01)	4.10 (0.64)
σ_e^2 *	0.12 (0.01)	0.08 (0.01)	2.69 (0.46)
h^2 *	0.31 (0.06)	0.32 (0.06)	0.60 (0.07)
Cov*	-0.02 (0.02)	-0.01 (0.02)	0.07 (0.19)
r_A *	-0.13 (0.17)	-0.11 (0.16)	0.06 (0.17)
$P_{0.025}$ *	-0.456	-0.416	-0.296
$P_{97.5}$ *	0.219	0.216	0.391

* PVS es el peso de vellón sucio, PVL es el peso de vellón limpio, DF es el diámetro de la fibra, σ_A^2 es la varianza aditiva, σ_e^2 es la varianza del error, h^2 es la heredabilidad, Cov es la covarianza entre ambas características y r_A es la correlación genética entre FP y cada característica, $P_{0.025}$ es el percentil 2.5% y $P_{97.5}$ es el percentil 97.5%

Se establecieron curvas de densidad de probabilidad para las estimaciones de los parámetros genéticos, estableciendo además los límites entre los que el valor real del parámetro se encuentra con el 95% de probabilidad (percentiles 2.5 y 97.5). Dichas curvas se ajustan a una distribución normal, en las que el pico está dado por el valor del parámetro genético descrito, y los extremos entre menos infinito y más infinito (ver Figura 14 por un ejemplo de este tipo de curvas).

En todos los casos analizados el diagnóstico de Geweke dio mayor a 0.05, confirmando que existió convergencia.

Los intervalos de densidad de probabilidad del 95% para las tres estimaciones de heredabilidad de FP fueron similares: 0.105 a 0.462, 0.115 a 0.454, y 0.106 a 0.472 para los análisis de FP con DF, FP con PVS y FP con PVL respectivamente. Para la heredabilidad de DF están entre 0.446 y 0.736. Los intervalos de densidad de la probabilidad para la heredabilidad de PVS estuvieron entre 0.206 y 0.443. Los intervalos de densidad de probabilidad para la heredabilidad de PVL estuvieron entre 0.222 y 0.436 (Figura 14).

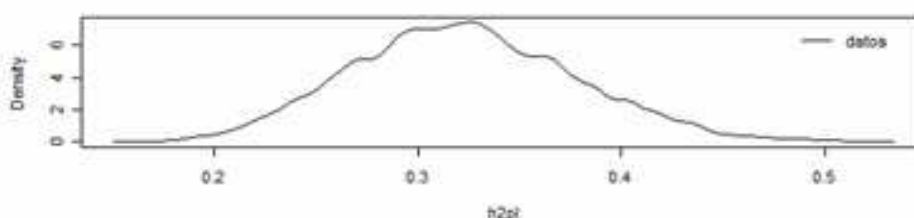


Figura 14. Curva de densidad de probabilidad de peso de vellón limpio.

En la Figura 15 se muestra la curva de densidad de probabilidad para la correlación genética entre las FP y DF, cuyos percentiles 2.5 y 97.5 se encuentran en -0.296 y 0.391, respectivamente. Se observa que los mayores valores de probabilidad están en el

entorno de 0, con probabilidades algo mayores hacia valores positivos. Si esta correlación fuera positiva su efecto sería favorable, debido a que si se selecciona por menor diámetro disminuirá el número de FP. De lo contrario, si fuera negativa, el efecto sería desfavorable, ya que al seleccionar por menor diámetro aumenta el número de FP.

Los percentiles 2.5 y 97.5 de la curva de densidad de probabilidad para la correlación genética entre FP y PVS se encuentran en -0.456 y 0.219 respectivamente. Los valores de probabilidad están en el entorno de 0, pero con probabilidades algo mayores hacia valores negativos, lo cual es favorable, debido a que si se selecciona por mayor peso de vellón disminuirá el número de FP. Estos resultados están cercanos a la estimación de correlación obtenida por Fleet y Mortimer de -0.35 (datos no publicados, citado por Fleet, 1996). Si la correlación fuese positiva, cuando aumenta el mérito genético para peso de vellón aumenta el de número de fibras, lo cual es desfavorable para el productor ya que la calidad de su lana disminuirá.

En la curva densidad de probabilidad para la correlación entre FP y PVL, los percentiles 2.5 y 97.5 se encuentran en -0.416 y 0.216 respectivamente. Al igual que la curva de densidad de probabilidad para la correlación entre fibras y PVS, los valores de probabilidad están entorno de 0, pero con probabilidades mayores hacia los valores negativos, lo cual es favorable como se explicó en el caso de peso de vellón sucio.

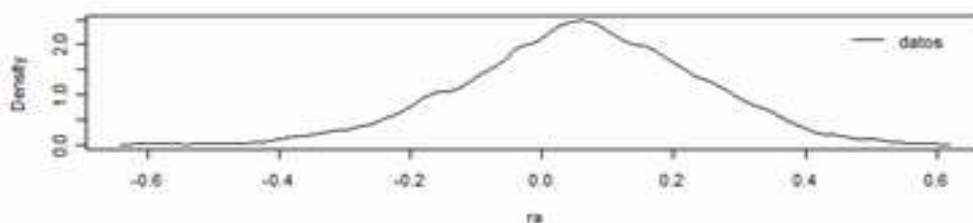


Figura 15. Curva de densidad de probabilidad de la correlación genética entre fibras pigmentadas y diámetro de la fibra.

Este estudio ha sido el primero en describir en detalle las correlaciones entre características de pigmentación (FP) y caracteres productivos (PVS, PVL y DF) en la raza Corriedale. Las correlaciones genéticas, aunque estimadas con imprecisión, fueron cercanas a cero en los tres casos analizados. Las estimaciones de correlación genética entre caracteres del vellón y de pigmentación reportadas por Fleet y Mortimer (datos no publicados, citados por Fleet, 1996) son las únicas reportada en la literatura. Nuestros resultados entre FP y peso de vellón concuerdan con los de estos autores, pero la correlación estimada para FP y DF son claramente diferentes.

CONCLUSIONES

La implementación de un programa de selección genética a nivel nacional es de suma importancia para solucionar el problema del alto contenido de fibras pigmentadas en los vellones blancos, lo cual es una problemática que ha sido abordado por diversas instituciones tanto a nivel nacional como internacional. Para proponer un programa nacional de mejoramiento genético se debe disponer de información sobre la incidencia de las fibras pigmentadas y de características de producción (PVS, PVL y DF), así como sus parámetros genéticos para la raza Corriedale en nuestro país.

A nivel internacional, los estudios de parámetros genéticos de características de pigmentación y rasgos productivos en Corriedale han sido escasos y de poca profundidad. A nivel nacional, se han hecho importantes avances en la estimación de parámetros genéticos para fibras pigmentadas y otros caracteres asociados, pero falta información sobre las asociaciones entre la presencia de fibras pigmentadas y caracteres del vellón (peso, diámetro de fibra, etc.), que son los que primariamente otorgan el valor económico a la lana de la raza Corriedale.

Nuestro estudio, en su parte descriptiva sugiere la existencia de variabilidad genética en las características analizadas, lo cual fue posteriormente confirmado con los análisis genéticos para PVS, PVL, DF y FP.

Las heredabilidades de las características resultaron de magnitud media, lo que sugiere claramente la posibilidad de selección. Estas estimaciones están acorde a los valores encontrados en la literatura y coinciden con las estimaciones nacionales.

Los resultados de correlación genética son novedosos, debido a que no hay prácticamente antecedentes. Los valores son cercanos a ceros, lo cual implica que al seleccionar por mayor peso de vellón o por menor DF no conlleva un empeoramiento en los niveles de FP en el vellón.

El aumento del número de registros tanto de características de producción como de fibras pigmentadas permitirá en un futuro estimar parámetros genéticos con una mayor precisión para mejorar el conocimiento del tema.

BIBLIOGRAFÍA.

Brash L.D., Fogarty N.M. and Gilmour A.R. (1994b). Genetic parameters for Australian maternal and dual-purpose meat sheep breeds. II. Liveweight, wool and reproduction in Corriedale sheep. *Australian Journal of Agricultural Research* 45, 469-480.

Benavides M.V., Mather A.P., Young M.J., Beatson P.R. and Reid T.C. (1998). Quantitative genetic studies on wool yellowing in Corriedale sheep. 1. Wool yellowing and wool production traits – genetic parameter estimates. *Australian Journal of Agricultural Research* 49, 1995 – 2000.

Cardellino, R. (1992). Herencia de las fibras coloreadas. II Seminario sobre mejoramiento genético en lanares. Piriápolis, Uruguay. 99 -114.

Cardellino, R., Guillamón, B.E. y Severi, J.F. (1990). Origen de las fibras coloreadas en tops de lana uruguaya. *Producción Ovina*, 3 : 81-83.

Cardellino, R. (1998). International perspectives on breeding apparel wool sheep. 6th World. Congr. Genet. Appl. Livest. Prod. Armidale (Australia).

C.G. Ciappesoni, O. Ravagnolo, D. Gimeno, F. Montossi and I. De Barbieri. (2006). Estimaron of genetic parameters and genetic trends for wool production and quality for the Uruguayan Merino. 8th World Congress of Genetic Applied to Livestock Production, August 13-18,2006. Belo Horizonte, MG, Brazil.

Cardellino, R., y Rovira, J. 1987. Mejoramiento genético animal. Editorial Hemisferio Sur. Montevideo. Uruguay.

Enns, R.M. and Nicoll, G.B. (2002). Incidence and heritability of black spots in Romney sheep. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 45: 67-70.

Fleet, M. R. (1996). Pigmentation types - understanding the heritability and importance. *Wool Technology and Sheep Breeding*, 44 : 264-280.

Fleet, R. (1999). Random Spot Relationship with other Pigmentation on Merinos South Australian Research and Development Institute (SARDI), 13 : 290-293

Fleet, M R. (2005). White Spotting in Sheep in Australia: Complex or Simple ? South Australian Research and Development Institute (SARDI) Turretfield Research Centre, Australia

Fleet, M.R. y Ponzoni, R.W. (1985). Fibras pigmentadas en vellones blancos. Seminario Científico Técnico Regional de Lanas. Montevideo- Uruguay. 135 -142.

Fleet, M. R., and Stafford, J. E. 1989. The association between non-fleece pigmentation and fleece pigmentation in Corriedale sheep. *Animal Production*. 49: 241-247.

Fleet, M. R., Pourbeik T., Ancell P. and Lynch B. (1990) Progeny test on Corriedale rams for isolated pigmented wool fibres. Australian Association of animal Breeding and Genetics, 8 : 511-514.

Fleet M.R; Smith, D.H and Pourbeik T. (1991). Age-Related Changes in Pigmentation Traits of Adult Merino Sheep. Wool Technology and Sheep Breeding, 39 : 24-34.

Fleet, M R; Foulds, R.A.; Mahar, T.J. and Turk, J.A. (2008). Relationship between pigmented fibre in raw processed wool when other dark fibre is controlled- a review. International Journal of Sheep and Wool science, 56 : 39-53.

Forrest, JW and Fleet, MR (1986). Pigmented spots in the wool-bearing skin on white merino sheep induced by ultraviolet light, 39(2) : 125-36.

Foulds R.A; Wong P. and Andrews M.V (1984). Dark fibres and their economic importance. Wool Technology and Sheep Breeding, 32 : 91-100.

Kremer, R., Urioste, J., Naya, H., Rosés, L., Rista, L. and López, I. (2003). Incidence of skin spots and pigmentation in Corriedale sheep. World Congress of Animal Production. Porto Alegre, Brasil. October 26-31, 2003.

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

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

Ponzoni, R.W. 1992. Genetic improvement of hair sheep in the tropics. FAO Animal Production and Health. Paper 101, FAO, Rome, 168 pp.

Raquet F. (1997). Encuentro de Productores Laneros e Industrias topistas con Investigadores Universitarios. 13 de Junio, 1997, Sala Ing. Oscar Maggiolo. Universidad de la República. Unidad de Relaciones con el sector Productivo. Repartido

Rosas I. (2009). Presencia de Fibras Pigmentadas y Lunares en el primer y segundo vellón en Corriedale. Tesis de grado de Licenciado en Ciencias Biológicas orientación Genética y Evolución. Montevideo, Uruguay.

J.I. Urioste; F. Peñagaricano; R. Lopez; C. Lafuente; J. Laporta; H. Naya; I. Sienna; R. Kremer. (2008). Skin spots and pigmentation scores as indicador traits for presence of pigmented fibres in Corriedale fleches. In: Proc. 10th World Conference on Animal Production, 23-28 November, 2008, Cape Town, South Africa, pp: 34-34. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands. ISBN: 978-90-8686-100-2

Safari I., Fogarty N.M. and Gilmour A.R. (2005). A review of genetic parameters estimates for wool, growth, meat and reproduction traits in sheep. Livestock Production Science 92, 271-289.

Safari I., Fograty N.M., Gilmour A.R., Atkins K.D, Mortimer S.I., Swan A.A., Brien F. D., Greeff J.C. and van der Werf J.H.J. (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.

SCIRO.(1992).SCIRO Dark Fibre Detector Marketing Brochure.SCIRO Textiles & Fibre Technology, Geelong VIC, Australia.

Secretariado Uruguayo de la Lana (S.U.L) Exportaciones de lana y productos de lana – Zafra 2008/09 www.sul.org.uy. Accedido: Enero, 2010.

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

Wuliji T.D.K., Andrews R., Turner P. and Wheeler R. (1998). Responses to fleece weight selection and heritability estimates of wool characteristics in Romney sheep. Proceeding of the 6th World Congress on Genetic Applied to Livestock Production, Armidale, Australia 24, 55-58.