

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE VETERINARIA**

**EL COLOR AMARILLO DE LA LANA EN DOS MAJADAS CORRIEDALE Y SU  
RELACION CON OTRAS CARACTERÍSTICAS DEL VELLÓN**

**Por**

Matilde MASDEU PERALTA\*  
María Inés ROSAS SERVETTO\*\*  
María Victoria SILVERA FLORES\*

TESIS DE GRADO presentada como uno de los requisitos  
para obtener el título de Doctor en Ciencias Veterinarias

\*Orientación higiene, inspección,  
control de los alimentos de origen animal

\*\*Orientación producción animal

MODALIDAD: Ensayo experimental

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2013**

## PÁGINA DE APROBACIÓN

Tesis de grado aprobada por:

Presidente de mesa:

---

Dr. Roberto Kremer

Segundo miembro:

---

Dra. Inés Siena

Tercer miembro:

---

Ing. Gianni Bianchi

Co-Tutor:

---

Dra. Karina Neimaur

Fecha:

2 de setiembre de 2013

Autores:

---

Br. Matilde Masdeu

---

Lic. María Inés Rosas

---

Br. Victoria Silvera

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Dra. Inés Sienna, nuestra tutora, por su presencia constante, su dedicación y su rapidez de respuesta frente a todas nuestras consultas.

A nuestra co-tutora, la Dra. Karina Neimaur, por su tiempo y sus importantes aportes durante la realización del presente ensayo y su redacción.

Al personal de las Estaciones Experimentales de Migues y Bañados de Medina, especialmente al Dr. Fernando Perdigón y a la Br. Cecilia Pereyra, por su generosa ayuda durante el trabajo de campo.

A todo el personal del Laboratorio de Ovinos y Lanar por el trato y la ayuda recibidos durante el procesamiento de las muestras.

Al Dr. Roberto Kremer por su colaboración en el análisis estadístico de los datos.

A nuestras familias y amigos, que velan por nuestro éxito, gracias por todo.

## TABLA DE CONTENIDO

PAGINA DE APROBACIÓN	Página 2
AGRADECIMIENTOS	Página 3
TABLA DE CONTENIDOS	Página 4
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS	Página 6
RESUMEN	Página 1
SUMMARY	Página 2
INTRODUCCIÓN	Página 3
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	Página 5
1- MERCADO MUNDIAL DE LANAS	Página 5
1.1- MUNDIAL	Página 5
1.2- NACIONAL	Página 6
2- CARACTERÍSTICAS QUE DETERMINAN LA CALIDAD EN LANA	Página 9
3- COLOR	Página 10
3.1- DEMANDAS DEL CONSUMIDOR	Página 10
3.2- CÓMO AFECTA EL COLOR EL PRODUCTO FINAL Y AL PROCESO INDUSTRIAL	Página 10
3.3- MEDIDA SUBJETIVA DEL COLOR Y CLASIFICACIÓN DE LOS VELLONES	Página 12
3.4- MEDICIÓN OBJETIVA DEL COLOR	Página 14
3.5- EL COLOR DE LAS LANAS URUGUAYAS	Página 17
4- FACTORES QUE DETERMINAN EL COLOR	Página 20
4.1- GENÉTICOS	Página 20
4.2- AMBIENTALES	Página 22
4.3- FISIOLÓGICOS	Página 24
4.4- SANITARIOS	Página 26
5- ASOCIACIONES	Página 28
5.1- ASOCIACIÓN ENTRE COLOR POR ESCORE Y COLOR COMO Y-Z	Página 28
5.2- ASOCIACIÓN ENTRE COLOR Y EL TEST DE INCUBACIÓN	Página 28
5.3- ASOCIACIÓN ENTRE COLOR Y CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS	Página 30
5.4- ASOCIACIÓN ENTRE COLOR Y RESISTENCIA /SUSCEPTIBILIDAD AL "FLEECE ROT"	Página 33
6- MEJORA GENÉTICA ORIENTADA HACIA EL COLOR. JUSTIFICACIÓN DE LA MISMA	Página 35
OBJETIVOS	Página 38
HIPÓTESIS	Página 38
MATERIALES Y MÉTODOS	Página 39
ANIMALES A UTILIZAR	Página 39
TOMA DE MUESTRAS	Página 39
PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS DE LANA	Página 39
MEDICIÓN OBJETIVA DEL COLOR	Página 40
OTRAS MEDICIONES OBJETIVAS	Página 40
MEDICIONES SUBJETIVAS	Página 41

ANÁLISIS DE LOS DATOS	Página 42
RESULTADOS	Página 43
DISCUSIÓN	Página 52
EXPRESIÓN DEL COLOR	Página 52
CARACTERÍSTICAS OBJETIVAS	Página 54
CARACTERÍSTICAS SUBJETIVAS	Página 55
CONCLUSIONES	Página 57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	Página 58

## LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

### Lista de Cuadros

Cuadro 1. Descripción del color de la lana según el método IWTO	Página 16
Cuadro 2. Valores promedio y rango Y-Z, Y, diámetro y rendimiento por raza	Página 18
Cuadro 3. Porcentaje de lotes de lana Corriedale con buen color (Y-Z<3)	Página 19
Cuadro 4. Porcentaje de lotes de lana Merino Australiano con buen color (Y-Z<1)	Página 19
Cuadro 5. Temperaturas y detergente de cada pileta	Página 40
Cuadro 6. Características de interés productivo de los ovinos de las majadas experimentales	Página 43
Cuadro 7. Características de interés productivo de las borregas según origen	Página 43
Cuadro 8. Características de interés productivo de la población en la EE de Migués según edad	Página 44
Cuadro 9. Correlaciones fenotípicas entre características de interés productivo del total de muestras	Página 47
Cuadro 10. Correlaciones fenotípicas entre características de interés productivo del total de muestras	Página 47
Cuadro 11. Variación del índice de amarillamiento según el score de color subjetivo	Página 49
Cuadro 12. Variación del índice de amarillamiento según el score de toque	Página 50
Cuadro 13. Variación del índice de amarillamiento según el score de entrecruzamiento	Página 51
Cuadro 14. Variación del índice de luminosidad según el score de carácter	Página 51

## Lista de Figuras

Figura 1. Existencias ovinas en Uruguay en millones de cabezas desde 1988 hasta 2012	Página 6
Figura 2. Composición de la majada nacional	Página 7
Figura 3. Exportaciones de lana y productos de lana (en U\$S)	Página 7
Figura 4. Principales exportaciones de lana y subproductos (en kg de lana sucia)	Página 8
Figura 5. Curvas de reflectancia espectral para 3 muestras de lana de distinta luminosidad, sin variar su amarillamiento, junto a curvas de reflectancia de tejidos de color azul y rojo respectivamente	Página 11
Figura 6. Curvas de reflectancia espectral para 3 muestras de lana de distinto nivel de amarillamiento, sin variaciones en luminosidad, junto a curvas de reflectancia de tejidos de color azul y rojo respectivamente	Página 11
Figura 7. Apreciación subjetiva del color	Página 13
Figura 8. Cálculo de los valores triestímulos a partir de las funciones del iluminante (E), del objeto (R) y del observador (r,g,b)	Página 15
Figura 9. Geometría 45/0 del espectrofotómetro	Página 17
Figura 10. Rango de Y-Z para las principales razas uruguayas	Página 18
Figura 11. Rango de Y para las principales razas uruguayas	Página 19
Figura 12. Porcentaje de muestras en las categorías de color: $Y-Z < 0$ , $0 < Y-Z < 3$ , $Y-Z > 3$	Página 44
Figura 13. Porcentaje de muestras en las categorías de color: $Y-Z < 2$ , $2 < Y-Z < 4$ , $Y-Z > 4$	Página 45
Figura 14. Precipitaciones acumuladas por mes en la EE de Bañado de Medina en el año 2010-11 comparada con el promedio de precipitaciones en Melo (Cerro Largo) entre 1961-1991	Página 46
Figura 15. Precipitaciones acumuladas por mes en la EE de Migués en el año 2010-11 comparada con el promedio de precipitaciones en Carrasco (Montevideo) entre 1961-1991	Página 46
Figura 16. Porcentaje de muestras según score de clasificación de color subjetivo	Página 48
Figura 17. Porcentaje de muestras según score de clasificación de toque	Página 49

Figura 18. Porcentaje de muestras según escore de clasificación de entrecruzamiento

Página 50

Figura 19. Porcentaje de muestras según escore de clasificación de carácter

Página 51



## RESUMEN

El objetivo de este ensayo fue evaluar la expresión de la coloración amarilla de la lana de dos majadas de raza Corriedale y su relación con otras características de interés productivo, de apreciación subjetiva y de medición objetiva. Se tomaron muestras de la zona de costilla de 162 borregas (2 dientes) de la Estación Experimental (EE) de Bañado de Medina (Cerro Largo) y de 102 borregas (2 dientes) y 106 ovejas (2 a 6 años) de la Estación Experimental de Migués (Canelones), en la esquila de noviembre del 2011. En el laboratorio las muestras se lavaron inmediatamente a su llegada, y se midió el índice de amarillamiento como Y-Z y luminosidad como Y según la técnica descrita en la norma IWTO 56, utilizando el colorímetro HunterLab MiniScan XE que realiza la medición de los triestímulos X (rojo), Y (verde) y Z (azul) de la lana lavada. El color promedio (Y-Z) registrado en las dos majadas fue de  $1,53 \pm 1,19$ , menor al esperado y con una gran variabilidad, siendo su rango de expresión entre -0,84 y 7,05, con el 90% de las muestras con  $Y-Z < 3$  (color cremoso). Como la composición poblacional de las muestras estaba desequilibrada, se realizó el análisis por separado de los animales de distinto origen y categoría. Las muestras provenientes de borregas de las EE de Bañado de Medina tuvieron mayor ( $P < 0,01$ ) PVS ( $3,08 \pm 0,49$  vs  $2,59 \pm 0,42$ ), PVL ( $2,40 \pm 0,37$  vs  $2,03 \pm 0,36$ ), resistencia ( $35,20 \pm 10,5$  vs  $29,4 \pm 9,8$ ) e Y-Z ( $1,95 \pm 1,14$  vs  $1,33 \pm 0,95$ ) que las muestras de las borregas de la EE de Migués, mientras que el diámetro promedio fue mayor ( $P < 0,01$ ) entre las borregas de la EE de Migués ( $26,00 \pm 2,52$  vs  $25,30 \pm 2,17$ ). No se observaron diferencias significativas entre el rendimiento, largo y luminosidad. Entre los animales de la EE de Migués se encontraron que en ovejas las características de PVS ( $3,56 \pm 0,49$  vs  $2,59 \pm 0,42$ ), PVL ( $2,84 \pm 0,46$  vs  $2,03 \pm 0,36$ ), diámetro ( $30,80 \pm 2,58$  vs  $26,00 \pm 2,52$ ) y resistencia ( $43,4 \pm 13,6$  vs  $29,4 \pm 9,8$ ) fueron mayores ( $P < 0,01$ ) que en las borregas. No se observaron diferencias significativas según edad en las características de índice de amarillamiento, rendimiento, largo y luminosidad. Se encontró una relación positiva significativa ( $P < 0,01$ ) entre Y-Z y la apreciación subjetiva del color de la lana sucia y el toque, y una relación positiva significativa entre el Y con el carácter. No se encontraron correlaciones fenotípicas entre los índices de amarillamiento o luminosidad con características de interés productivo al calcularlas sobre el total de la población, pero al estimarlas a partir de la población de borregas se observó una correlación ( $P < 0,01$ ) de 0,282 entre Y-Z y PVS y de 0,247 entre Y-Z y PVL. Los datos obtenidos sugieren que en estas majadas y en las condiciones productivas estudiadas el buen color observado pudo ser consecuencia de condiciones ambientales particulares, y hace necesario un análisis en el largo plazo para determinar sus causas. Además, se propone que la medición objetiva del color es la más confiable para realizar la selección genética o identificar vellones con color insuficiente.

## SUMMARY

The aim of this study was to evaluate the expression yellowing of wool of two Corriedale flocks and its relationship with wool production traits of subjective assessment and objective measurement. Samples were taken from the mid side area of 162 hoggets from a flock in Estación Experimental in Bañado de Medina (Cerro Largo) and of 102 hoggets and 106 adult sheep (2 to 6 years old) from another experimental flock in Migués (Canelones), in the shearing of november of 2011. Samples were immediately taken to the laboratory and washed upon their arrival and yellowness was measured as Y-Z and brightness as Y, according to the technique described in the IWTO-56 standards with a HunterLab MiniScan XE colorimeter that measures the tristimuli X (red), Y (green) and Z (blue) from scoured wool. Average wool colour (Y-Z) registered in both flocks was  $1,53 \pm 1,19$ , lower than expected, with high level of variability, and a range of expression between -0,84 and 7,05. 90% of the samples had  $Y-Z < 3$  (creamy colour). As the population composition of the samples were unbalanced, we conducted separate analyzes of animals of different origin and category. Samples from Bañado de Medina's experimental flock had greater ( $P < 0,01$ ) GFW ( $3,08 \pm 0,49$  vs  $2,59 \pm 0,42$ ), CFW ( $2,40 \pm 0,37$  vs  $2,03 \pm 0,36$ ), staple strength ( $35,20 \pm 10,5$  vs  $29,4 \pm 9,8$ ) and Y-Z ( $1,95 \pm 1,14$  vs  $1,33 \pm 0,95$ ) than the Migués' experimental flock. However, samples from Migués' flock had greater mean fiber diameter than the Bañado's flock ( $26,00 \pm 2,52$  vs  $25,30 \pm 2,17$ ). No differences were observed in yield, staple length and brightness. Among the samples from Migués, in adult sheep GFW ( $3,56 \pm 0,49$  vs  $2,59 \pm 0,42$ ), CFW ( $2,84 \pm 0,46$  vs  $2,03 \pm 0,36$ ), mean fiber diameter ( $30,80 \pm 2,58$  vs  $26,00 \pm 2,52$ ) y staple strength ( $43,4 \pm 13,6$  vs  $29,4 \pm 9,8$ ) were greater ( $P < 0,01$ ) than in hoggets. No differences were observed in Y-Z, yield, staple length and brightness. There was a positive association ( $P < 0,01$ ) between Y-Z and subjective appreciation of dirty wool colour, the same with the touch, and a significant positive relationship between Y and the character. Phenotypic correlations between Y-Z or Y with wool production traits were not found when estimated with the whole population. However, when estimated with the samples from hoggets a phenotypic correlation ( $P < 0,01$ ) of 0,282 was found between Y-Z and GFW, and 0,247 between Y-Z and CFW. The data suggest that in these flocks and conditions studied the color observed could be due to particular environmental conditions, and requires a long-term analysis to determine its causes. In addition, it is proposed that objective color measurement is the most reliable for genetic selection programs or the identification of colored fleeces.

## INTRODUCCIÓN

Durante la década de los 90, el mercado mundial de lanas sufrió una crisis que produjo la reducción del valor de la producción, y tuvo como consecuencia la disminución del stock ovino a nivel mundial y nacional. Sin embargo, durante los últimos años el mercado ha comenzado a estabilizarse, lo que se refleja en el alza de los precios de lana y carne y del stock ovino. Uruguay es un país principalmente exportador de lana, siendo el principal producto la lana en forma de tops seguido de la lana sucia. La producción uruguaya debe enfocarse en la mejora de la calidad para aumentar la exportación hacia los mercados más exigentes.

Las lanas uruguayas se caracterizan por tener diámetro medio y buena calidad según parámetros internacionales en las características de peso, rendimiento y resistencia, aunque se identifica al color como uno de los principales problemas de calidad junto a la presencia de fibras coloreadas y meduladas en el vellón (Abella, 2010). El color de la lana se mide por colorimetría; se registran los valores triestímulos X (rojo), Y (verde) y Z (azul), según la norma IWTO-56. El valor Y-Z representa el color amarillo, por lo que valores bajos y negativos indican lana más blanca, mientras que el valor Y representa el brillo o luminosidad de la lana. En Uruguay el promedio de Y-Z de las lanas Corriedale es 4,2 (1,4-7,3) (Capurro, 1996), y el valor promedio de Y es 58,7 (52,9-63,0) (Abella, 2010). En las majadas uruguayas la expresión del color se caracteriza por su gran variabilidad.

En la determinación del color de la lana influyen factores ambientales, genéticos, fisiológicos y sanitarios, aunque la variabilidad de expresión del color en las majadas sugiere que existe una interacción entre los distintos factores antes que la existencia de un factor predominante. El principal factor identificado en el amarillamiento de las lanas es el ambiental; se ha reportado de manera constante que las altas temperaturas y humedad favorecen la expresión del color en los vellones (Wilkinson y col., 1985). Adicionalmente, los vellones se almacenan luego de la esquila antes del lavado industrial, y en este tiempo ocurren eventos de amarillamiento que son más o menos pronunciados según las condiciones en las que se almacena la lana (Bray y Smith, 1999).

En las majadas se pueden identificar animales resistentes y susceptibles al amarillamiento, mediante la incubación de la lana sucia en condiciones ambientales extremas para que exprese su potencial de amarillamiento (Wilkinson, 1981). Frente a estas condiciones extremas, simuladas en el laboratorio, la lana puede expresar todo su potencial de color, el cual puede quedar enmascarado por las condiciones ambientales normales. Típicamente, cuando una característica es altamente influida por factores ambientales, su heredabilidad es baja o mediana, siendo la herencia del color un ejemplo. En la raza Corriedale en Uruguay se han realizado algunos estudios genéticos sobre la herencia del color, y se estimó la heredabilidad del Y-Z en 0,27 (Gimeno, com. pers., citado por Abella, 2010).

La fisiología del amarillamiento depende de las características de la suarda y de sus componentes, el sudor y la cera, y la relación entre éstos. La cera es un protector de la lana que impide que se vea afectada por factores ambientales. Contrariamente, algunos componentes del sudor, como el contenido en potasio del mismo,

reaccionan frente a las altas temperaturas y a la humedad ambiental y favorecen el desarrollo del color en los vellones. Una mayor relación cera/sudor es consistente con vellones más blancos (Aitken y col., 1994). A su vez, las características de la suarda son un determinante de la incidencia de patologías que afectan el color de la lana, causadas por la colonización bacteriana que modifica la estructura del vellón y el color de la lana de manera irrecuperable. El “fleece rot” es la principal y la más estudiada de estas patologías debido a que en Australia es un factor causal de una grave miasis conocida como “body strike” (McGuirk y Watts, 1983).

Dada la relevancia del color en la determinación del precio de la lana, se debería dar importancia a los procesos de selección de carneros con resistencia al amarillamiento. Sin embargo, la medición directa del color es un proceso difícil y costoso para realizarlo en la totalidad de las majadas. Se ha estudiado la posibilidad de realizar mejora genética por selección indirecta utilizando como criterio de selección a una característica sencilla de medir que esté asociada al color. A pesar de la gran cantidad de estudios los resultados no son coincidentes, aunque en razas de lana fina se ha estimado una correlación genética positiva entre diámetro y color (Thompson, 1987), y una correlación genética negativa entre peso del vellón y color (Wilkinson y Aitken, 1985). En la raza Corriedale en centros de progenie de Uruguay se estimó una correlación genética de 0,20 entre diámetro y color medido como Y-Z (Gimeno com. pers., citado por Abella, 2010). También en Corriedale, Benavides y Maher (2002), reportan una correlación fenotípica media entre estas características pero una alta correlación genética ( $0,93 \pm 0,18$ ). En el mismo estudio los autores estimaron bajas correlaciones fenotípicas entre color por Y-Z y peso del vellón sucio o limpio. Sin embargo, las estimaciones de correlaciones genéticas fueron moderadas con el peso de vellón sucio ( $r = 0,44 \pm 0,31$ ) y altas con el limpio ( $r = 0,91 \pm 0,24$ ).

Los estudios del color en Uruguay son insuficientes, ya sea porque su antigüedad (Capurro, 1996) o porque se limitan a animales de centrales de prueba de progenie (Abella, 2010), lo que hace relevante un análisis actualizado sobre el color de los vellones en las majadas Corriedale uruguayas. Adicionalmente es de interés encontrar estrategias de selección para corregir esta característica, identificada como uno de los principales problemas de calidad encontrados en la industria, después de la presencia de fibras coloreadas y meduladas en los vellones (Capurro, 1996; Abella, 2010).

El objetivo de este trabajo fue estudiar el color amarillo de la lana en dos majadas Corriedale durante un año y su relación con otras características de interés productivo y de apreciación subjetiva.

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1- MERCADO DE LANAS

#### 1.1- MUNDIAL

En las últimas dos décadas el mercado mundial de lanas ha sufrido una importante reducción, causada por la disminución del stock ovino y de la producción de lana, y provocando la aparición de países más enfocados hacia la producción de carne que de lana. La fuerte crisis financiera mundial ocurrida durante la década del 90 ha causado la caída de la demanda y de los precios de la lana, lo que ha sido potenciado por el incremento de los costos de producción. El consumo mundial de lana se redujo en un 30% en el periodo 1994-2004 (Cottle, 2010a).

En los últimos tiempos han ocurrido fuertes cambios en la cadena textil, dados principalmente por la concentración de la industria lanera en China, la mayor producción de textiles sintéticos a expensas de otras fibras, y la importante reducción de la tradicional industria textil lanera europea, con la excepción de algunos países del este de Europa. Los principales países exportadores de lana son Australia y Nueva Zelanda, siendo su principal producto la lana sucia. Por otra parte, en América del Sur ocurre un importante procesamiento primario de la lana hasta la etapa de tops liderado por Uruguay y en segundo lugar por Argentina (Cottle, 2010a).

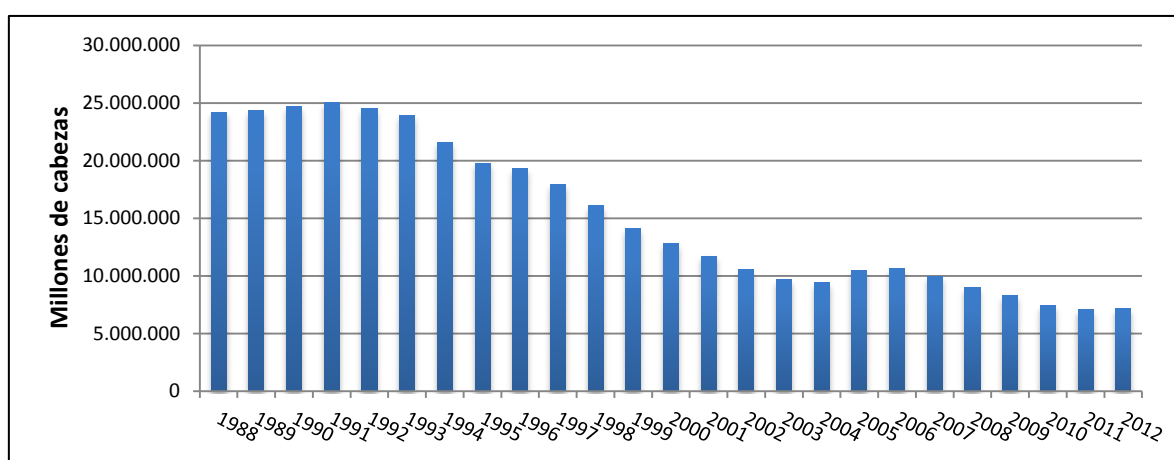
En la pasada década comenzaron a darse una serie de acontecimientos favorables al mercado lanero que permitieron la recuperación de los precios. La producción ovina está creciendo lentamente, impulsada principalmente por la mayor producción y demanda de países en crecimiento como China e India, y se prevé que continúe así en el futuro, orientada cada vez más hacia el doble propósito (Cottle, 2010a). En Australia se observa la tendencia de producción de lanas finas y superfinas (menor a  $22\mu$ ) por un lado, y de lanas gruesas (mayores a  $29\mu$ ) por otro, reduciéndose la producción de lanas de diámetro mediano ( $23-28\mu$ ) (Otegui, 2008). De esta forma se generaría una serie de oportunidades que podrían ser aprovechadas por los pocos países productores de lanas de diámetro medio capaces de llenar ese espacio de mercado, como Uruguay.

A pesar del lento aumento de la oferta, ésta no alcanzará los niveles logrados 20 años atrás, cuando se producía 40% más lana que en la actualidad. Esto debe ser tomado como una clara ventaja para la industria textil, previniendo una posible caída de precios dado un aumento exagerado de la oferta frente a la demanda, que fue lo que disparó la crisis de la industria en la década del 90. Adicionalmente, aún frente a altos precios de la lana, las fibras sintéticas muestran una tendencia al alza debido al aumento del precio del petróleo, por lo que las fibras naturales mantendrán su competitividad, especialmente para la producción de prendas de calidad (Cardellino, 2011).

## 1.2- NACIONAL

Uruguay posee uno de los mayores rebaños ovinos de América Latina, después de Argentina y Brasil, cuyos orígenes se remontan al siglo XIX. La producción ovina tradicionalmente se realiza en forma extensiva, aunque el nuevo impulso de la producción de carne ovina ha implementado el uso de alternativas intensivas aplicadas a la cría y el engorde de ovinos. La esquila se realiza una vez al año entre los meses de julio y diciembre, dependiendo si se realiza preparto o postparto en las majadas (SUL, 2013).

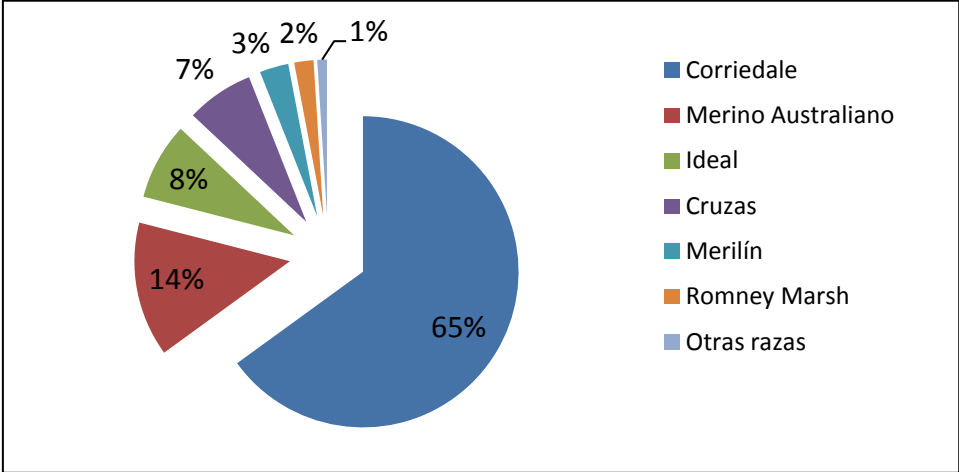
Durante las pasadas décadas el stock ovino en Uruguay ha sufrido una serie de cambios, caracterizados por una importante disminución del número de cabezas (Figura 1) y en la reducción de la relación capón/oveja, lo que es un indicador del cambio de la producción ovina que pasó de ser lanera a carnicera. La fuerte competencia por la tierra con otros rubros de producción alternativos ha contribuido negativamente al desarrollo del sector lanero, principalmente por el importante crecimiento del área agrícola, pero también por la expansión de la forestación, la creciente inversión en tecnología lechera y la alta producción de carne vacuna (Abella y col., 2010). Dadas estas razones, y a pesar del renovado impulso del sector y de la estabilización del stock ovino ocurrida en la presente década, no se prevé en el corto ni el mediano plazo un crecimiento del stock a los niveles observados en la década del 90 (Cardellino, 2011).



**Figura 1.** Existencias ovinas en Uruguay en millones de cabezas desde 1988 hasta 2012 (Adaptado del SUL, 2013)

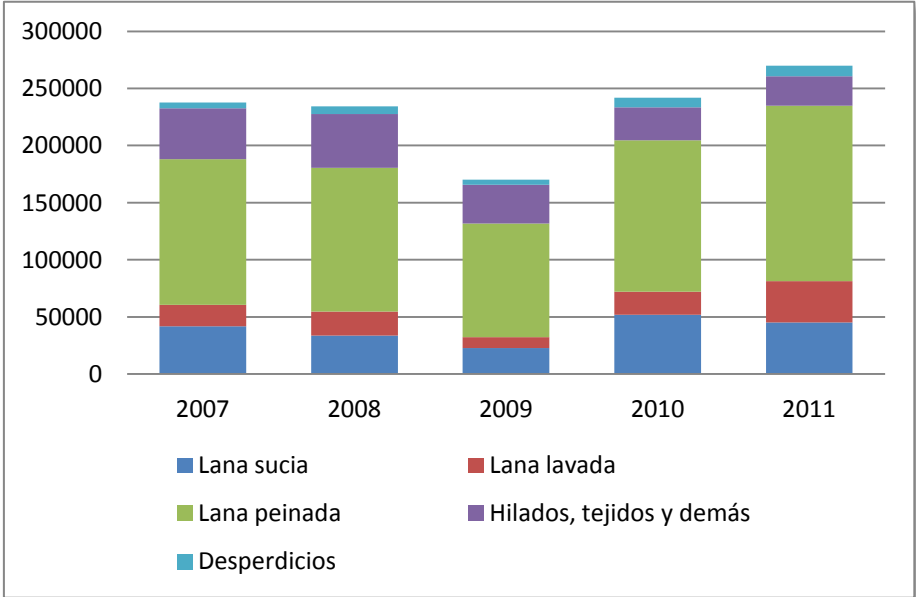
Existen 28.000 empresas agropecuarias distribuidas en todo el país que crían ovinos, estando la mayor parte de la majada nacional formada por razas de doble propósito, productoras de lana de diámetro mediano (24,6-32,5 $\mu$ ) (Abella y col., 2010). La principal raza ovina explotada en Uruguay es la raza Corriedale (Figura 2), considerando el número de criadores y los volúmenes de lana y carne producidos. Constituye el 65% de las existencias ovinas del país, siendo el mayor rodeo mundial de esta raza. La raza Corriedale es una línea genética doble propósito que se originó en 1877 en Nueva Zelanda, a partir de la cruce entre Merinos puros y English

Longwool (Australian Corriedale Association, 1965; citado por Fleet y Lush, 1997). Ingresó por primera vez al Uruguay en el año 1916. Las lanas Corriedale tienen un diámetro que varía entre las 25 y 31,5 $\mu$ , resistencia a la tracción media, excelente largo de mecha y muy buen rendimiento al lavado (Capurro, 1996).



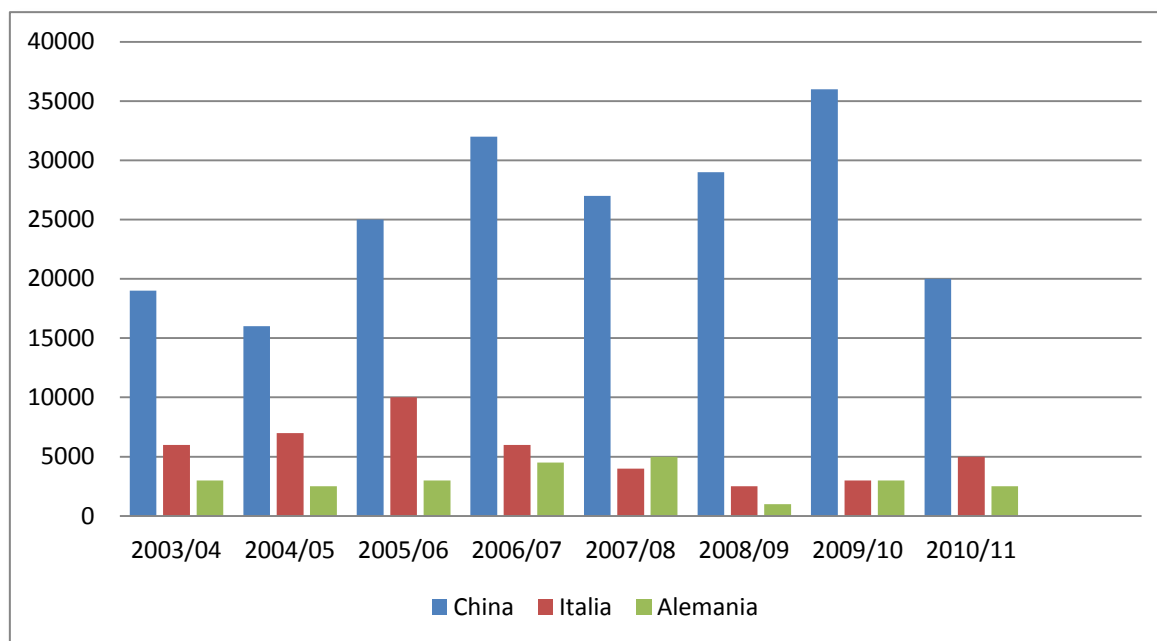
**Figura 2.** Composición de la majada nacional (Adaptado de SUL, 2013)

Uruguay exporta más del 90% de la lana que produce con distintos grados de procesamiento, siendo el principal rubro de exportación la lana peinada seguida por la lana sucia (Figura 3).



**Figura 3.** Exportaciones de lana y productos de lana (en U\$S) (Adaptado de SUL, 2013)

El principal destino de las exportaciones de lana y subproductos es China, que ha mantenido ese lugar desde hace una década, seguido por Italia y Alemania (Figura 4).



**Figura 4.** Principales exportaciones de lana y subproductos (en kg de lana sucia) (Adaptado de SUL, 2013).

Últimamente, el rubro lana ha comenzado a revalorizarse en la producción nacional, principalmente por el alza de los precios de la lana en los mercados mundiales, impulsado en su mayor parte por la consolidación de dos sistemas, el de lana fina y el de lana ultrafina, además de la producción de lana media a partir de la esquila de cordero pesado (Abella y col., 2010). En una extensión de 10 años la evolución del diámetro de las lanas uruguayas se ha enfocado a la producción de lanas finas (menor a  $22,5\mu$ ) o de lanas gruesas (mayor a  $29,5\mu$ ), disminuyendo la producción de lanas de diámetro mediano ( $22,5-29,5\mu$ ) (Otegui, 2008).



## 2- CARACTERÍSTICAS QUE DETERMINAN LA CALIDAD EN LANA

La calidad se define en función del cliente, y se considera como la propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor (Abella, 2010). La calidad de la lana está determinada principalmente por las características de diámetro, color, resistencia a la tracción, largo de mecha, rendimiento al lavado, etc.; siendo diámetro y color las más importantes dentro de la colocación de precios, ya que determinan su destino final en la industria (Larrosa y Sienna, 1999).

En el mercado internacional la reputación de las lanas uruguayas es satisfactoria, y es de interés para productores e instituciones públicas y privadas que continúe siendo así, favoreciendo la inversión tecnológica para mantener y mejorar la calidad. En los últimos años se ha observado una mayor diferencia de precios entre lanas de diferente diámetro, con apariencia de seguir aumentando, por lo que las posibilidades de ventas y el número de clientes aumentan junto a la calidad (Abella, 2010).

Las características de la lana uruguaya son las siguientes (SUL, 2013):

- Diámetro promedio 26-29 $\mu$ , muy variable según razas, siendo la característica con mayor incidencia en el precio de la lana. En Corriedale el diámetro promedio de la majada comercial es de 30 $\mu$  mientras que el diámetro promedio de borregos/as es de 25,5 $\mu$  (SUL, 2011).
- Color cremoso, en comparación con lanas de origen neocelandés de finura similar (Larrosa y Sienna, 1999)
- Longitud de mecha promedio de 11 cm.
- Elevado rendimiento al lavado promedio, de 78% aproximadamente.
- Con alta resistencia a la tracción promedio, de 40 N/ktex.
- Bajo porcentaje de materia vegetal: 0,5%, aunque de difícil extracción.
- Alto porcentaje de fibras coloreadas y meduladas.

En base a los valores anteriores, se plantean objetivos para mejorar las características de nuestras lanas:

- Producción de lanas más finas en todas las razas.
- Producción de lanas más blancas.
- Sin fibras meduladas.
- Sin fibras coloreadas.

El Plan de Acondicionamiento SUL abarca una serie de normas que garantizan que desde sus primeras etapas de producción la lana está siendo manejada de manera de optimizar su versatilidad y valor, garantizando los niveles de calidad que los mercados demandan. La esquila Tally-Hi ha sido adoptada en el 90% de los remitentes de lana, y el acondicionamiento de la lana se implementa en el 75% de los mismos (Abella y col., 2010).

### **3- COLOR**

#### **3.1- DEMANDAS DEL CONSUMIDOR**

El consumidor de vestimentas prefiere prendas y telas más suaves, más livianas, que se puedan usar sobre la piel, que no piquen, sencillas de cuidar y lavar, de estilo más informal y que se puedan utilizar en más de una estación, aumentando la avidez por lanas finas y muy finas (menos de  $23\mu$ ) y de mejor calidad para cubrir esta demanda de productos finales (Swan, 2010).

Se ha registrado un incremento en las ventas de productos con grifas que tienen significados específicos, que tratan de reflejar las características del producto que son de interés para una cierta proporción de los consumidores, especialmente los provenientes de algunos países europeos y de Estados Unidos (Swan, 2010).

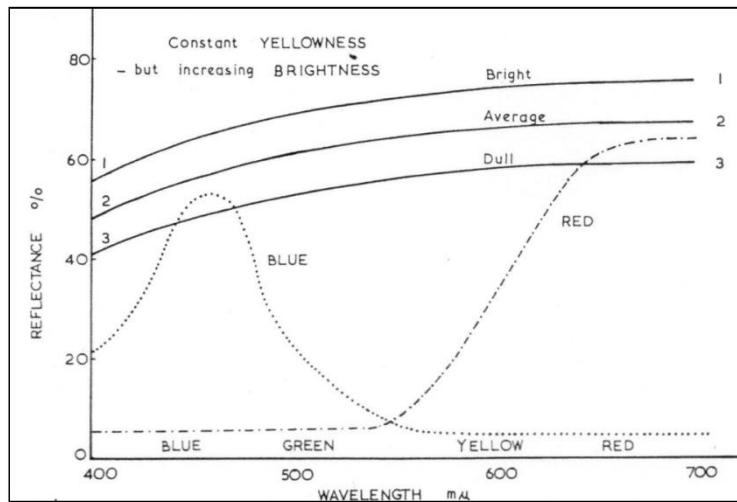
Frente a estos requerimientos de los consumidores, la lana se presenta con innegables ventajas, ya que es un producto natural, renovable, sostenible, biodegradable, con bajo impacto en la producción de carbono y eficiente en el uso de energía, además de ser extensible, y con alta resistencia al calor y a la inflamabilidad (Ryder y Stephenson, 1968, Swan, 2010).

#### **3.2- CÓMO AFECTA EL COLOR AL PRODUCTO FINAL Y AL PROCESO INDUSTRIAL**

El color de la lana lavada constituye una característica de singular importancia para el procesamiento industrial, ya que condiciona su utilización posterior. Las lanas que luego de lavadas mantienen un color alejado del blanco tienen una restricción importante en el teñido, fundamentalmente si se quieren utilizar colores claros, pasteles o blancos.

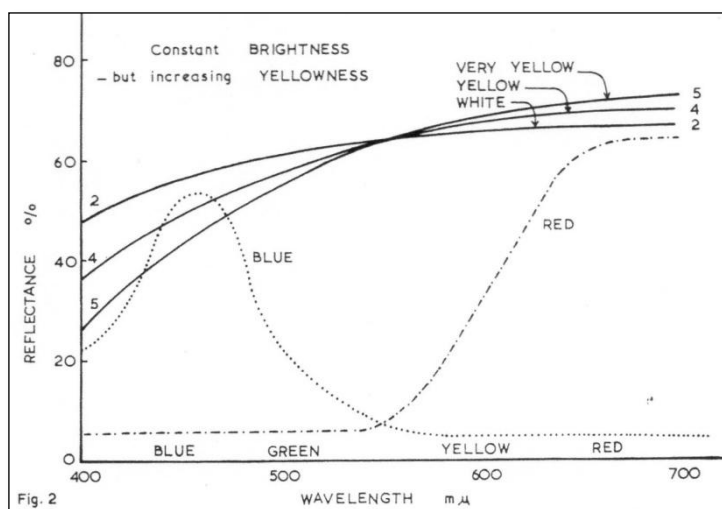
La clave de un teñido exitoso está determinada por la reflectancia de la lana, es decir la curva de reflexión de la luz que describe naturalmente la misma. Todos los colores del espectro visible tienen curvas de reflectancia particulares, y para teñir una muestra de lana se modifica la reflectancia de la misma de manera desproporcionada en algunas áreas del espectro visible, lo que determina el color final. Para que el color final sea el deseado, la muestra de lana a teñir debe tener una curva de reflectancia mayor en todo el espectro visible que la curva del color final, por lo que es la propiedad de reflectancia de la lana la que limita el teñido de la misma (Thompson, 1989).

En las Figuras 5 y 6 se observa cómo deficiencias en el color y la luminosidad pueden afectar el teñido. En la Figura 5 se observa que las lanas con buena luminosidad (curva 1 y curva 2) pueden ser teñidas de cualquier color, ya que sus curvas de reflectancia son mayores que las de los colores del espectro visible, mientras que las lanas opacas (curva 3) tendrán problemas ya que las curvas de reflectancia de los colores brillantes (azul, rojo) se cruzan con la curva de reflectancia de la lana opaca.



**Figura 5.** Curvas de reflectancia espectral para 3 muestras de lana de distinta luminosidad, sin variar su amarillamiento, junto a curvas de reflectancia de tejidos de color azul y rojo (Clarck y Whiteley, 1977).

Lo mismo ocurre con lanas amarillas, como se observa en la Figura 6. Las lanas con mayor grado de color tienen curvas de reflectancia con mayor reflexión de luz en la zona amarilla-roja del espectro y menor en la zona azul-verde (curvas 4 y 5). Las lanas amarillas tienen problemas en el teñido principalmente de colores azules o verdes, lo que queda demostrado al observar que la curva del color azul se cruza con las de las lanas con problemas de color. Estas lanas tendrán menores problemas al ser teñidas de rojo o amarillo. Sin embargo, las lanas muy manchadas no pueden siquiera teñirse de amarillo o rojo, ya que persiste el manchado o se comportan de manera distinta frente a los químicos que la lana blanca, por lo que está limitada a ser teñida de colores oscuros (Reid y Botica, 1995; Bray y Smith, 1999).



**Figura 6.** Curvas de reflectancia espectral para 3 muestras de lana de distinto nivel de amarillamiento, sin variaciones en la luminosidad, junto a curvas de reflectancia de tejidos de color azul y rojo (Clarck y Whiteley, 1977).

El color amarillo puede ser indicativo también de alguna injuria a la fibra, producida por microorganismos que causan, además de cambios de color, debilidad y baja resistencia de la mecha y otras alteraciones de calidad (Cameron y Stobart, 2008).

El color es una de las características que más afectan el precio de la lana a nivel mundial. Las lanas con mejor color obtienen mejores precios en los mercados de calidad, mientras que las lanas con problemas de amarillamiento reciben descuentos en el precio, que son mayores cuanto más finas sean (Cottle, 2010b). La medición objetiva del color no predice exactamente de qué color se puede teñir la lana, pero sí permite saber si el rango de colores posibles es amplio o no (Thompson, 1989).

Distintos mercados han adoptado la medición del color de manera diferencial. En Nueva Zelanda la medición del color está incluida en el sistema de remates desde la década de 1980 (Corrigan, 1984), y para la década del 90 el 90% de los lotes de lana ofrecidos fueron analizados para color (Reid, 1993). En Australia el color de la lana no es un problema mayor ya que la raza dominante de sus majadas es la Merino Australiano, considerada de buen color, por lo que el 1% o menos de los lotes son acompañados de la medición objetiva del color (Cottle, 2010b).

### **3.3- MEDIDA SUBJETIVA DEL COLOR Y CLASIFICACIÓN DE LOS VELLONES**

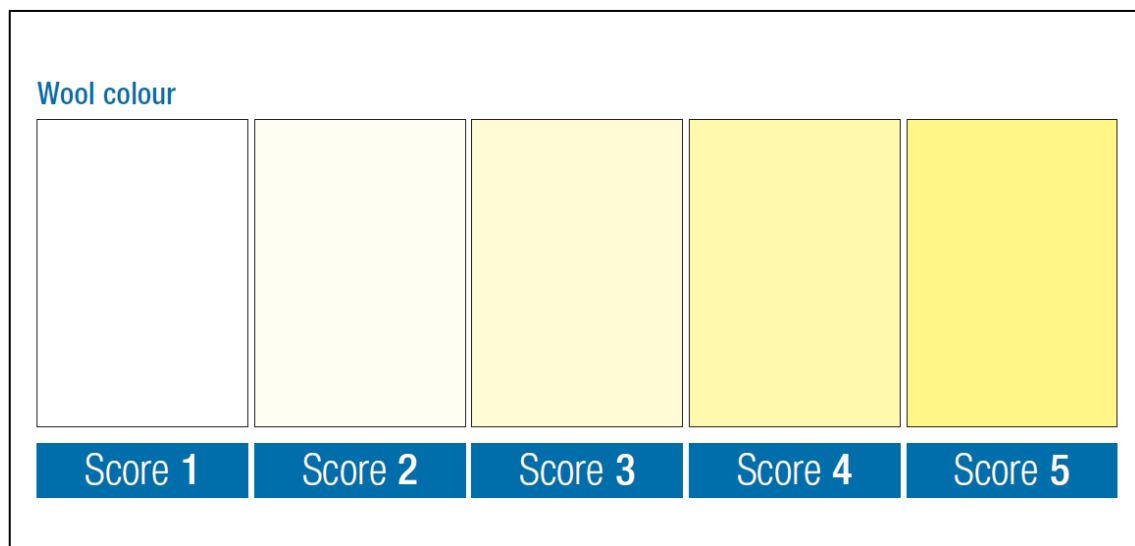
El color apreciado subjetivamente por el productor y el comprador es el color de la lana sucia. Este color está compuesto por el propio color de la lana y por factores removibles y no removibles al lavado que alteran el color base (Aliaga y col., 1996).

Según este criterio, se puede clasificar subjetivamente el color en:

- Removible al lavado. Es el color blanco o cremoso que desaparece luego del lavado, causado por la cera, el sudor, la tierra, arena y las impurezas en el vellón.
- No removible al lavado. Las lanas con color no removible al lavado tendrán coloraciones tendientes al amarillo que no desaparecerán en la limpieza comercial y procesamiento de la lana. Es producido durante el crecimiento, almacenamiento o procesamiento de la lana, por productos químicos de baños, alteraciones bacteriológicas o fúngicas como el amarillo canario o el "fleece rot", uso inadecuado de pinturas, etc.

Las condiciones ambientales que predisponen la aparición de cualquiera de las dos coloraciones son las mismas, pero según su severidad provocan un efecto permanente o no en las fibras (Henderson, 1968).

La clasificación subjetiva de los vellones requiere de un ojo entrenado. En lana sucia se clasifican los vellones según un score del 1 al 5 ilustrado en la Figura 7. Esta apreciación subjetiva del color se puede realizar en animales mayores a los 9 meses de edad, y con un crecimiento de la lana mayor a 6 meses (AWI, 2013).



**Figura 7.** Apreciación subjetiva del color (AWI Visual Sheep Scores, 2013)

En Australia se evalúa subjetivamente la lana lavada y desengrasada, calificando el color no removible al lavado, con graduaciones que van desde el H1 (ligeramente no lavable) al H3 (severo problema por no lavable) (Thompson, 1987; Cottle, 2010b).

Otra clasificación del color amarillo presente en las lanas se basa en su origen: amarillo difuso removible, amarillo canario, y el producido por el “fleece rot” (Wilkinson, 1981; Thompson, 1989; Aliaga y col., 1996).

- El amarillo difuso removible es una coloración más o menos cremosa, removible al lavado, producida por la oxidación de pigmentos en la suarda, que pueden aparecer incluso en el almacenamiento prolongado de los vellones. La aparición de esta coloración tiene un componente ambiental dado por el efecto de la humedad y las altas temperaturas sobre animales con susceptibilidad genética al amarillamiento (Henderson, 1968). Típicamente, lanas con este tipo de coloración tienen bajo rendimiento (Wilkinson y col., 1985).
- El amarillo canario es una coloración amarilla con tonalidades rosadas u ocre, no removible al lavado, que se ubica generalmente en costados y partes inferiores del vellón y en la barriga. Su aparición está vinculada a condiciones de humedad y altas temperaturas, incluso durante el almacenamiento. Se le asocia con una alta proporción de sudor y una alta alcalinidad en la suarda de los vellones afectados (Henderson, 1968). Se observaba con mayor frecuencia durante la década del 90, cuando se producía la retención de lana en los galpones por lapsos prolongados a la espera de mejores precios (Larrosa y Sierra, 1999).
- “Fleece rot” o podredumbre del vellón, es una coloración en bandas de color amarillo, verdoso o amarronado en la zona del lomo, extendiéndose hacia ventral, siendo no removible al lavado. La causa es infecciosa, dada por la colonización de la lana por *Pseudomonas aeruginosa* (Henderson, 1968).

Dadas las distintas clasificaciones de color amarillo de la lana, la distinción entre estos tipos puede resultar dificultosa, incluso entre el color removible y no removible al lavado (Wilkinson y col., 1985; Cameron y Stobart, 2008).

Comúnmente los compradores de lana se guían por la apreciación subjetiva del color, que puede ser influida por factores removibles al lavado o por pequeñas manchas de origen ambiental o infeccioso que pasan desapercibidas luego del cardado. Adicionalmente, la apreciación del color sobre lana sucia tiene una baja correlación fenotípica con la apreciación del color de la lana lavada ( $r=0,19-0,33$ ), según estudios realizados en lanas australianas (Pattinson y Whiteley, 1984; Corrigan, 1984). De esta manera, se le adjudican descuentos al productor por alteraciones de color que en el proceso industrial pueden no tener ninguna consecuencia (Thompson, 1987).

### **3.4- MEDICIÓN OBJETIVA DEL COLOR**

Es difícil para el ojo humano hacer confiable la evaluación cuantitativa de color, siendo ésta altamente dependiente del observador. Se reporta que el ojo humano no puede detectar diferencias mayores de 2 unidades en luminosidad (Y) o de 1 unidad en amarillamiento (Y-Z) (Corrigan, 1984; Raadsma y Wilkinson, 1990). Además, mientras que las diferencias de color son fáciles de ver cuando los objetos están lado a lado, son mucho más difíciles de evaluar cuando los objetos están separados en tiempo o distancia. Por lo tanto los métodos objetivos de medición del color se vuelven necesarios (IWTO 56).

El color de la lana se ve influido, no sólo por su color propio, sino también por la suarda, suciedad, materia vegetal y otras impurezas presentes. El proceso para medir el color es el mismo independientemente si la lana es recibida sucia o limpia, siendo la diferencia principal que la muestra de lana sucia debe tomarse desde el centro de la misma y cardarse meticulosamente para remover la mayor cantidad de contaminantes posibles antes de ser procesada (IWTO 56).

El método utilizado para la medición objetiva de la lana se basa en la Norma IWTO 56 desarrollada por Comité IWTO (International Wool Textile Organization) de Tecnología y Estandarización. Es el resultado de la colaboración entre una serie de organizaciones de Australia y Nueva Zelanda para llegar a un procedimiento que cubriera las necesidades específicas de los diferentes tipos de lana de los dos países. La investigación en ambos países comenzó en el año 1977, y en 1986 se llegó a un borrador de la Norma que fue presentada a la IWTO para su aprobación. La Norma actual se aprobó en el 2007 a partir de este borrador y sus correcciones, incluyendo las enmiendas revisadas en la reunión IWTO, realizada en Niza en el año 2002.

Una medición completa del color de un material opaco, como la lana, se obtiene midiendo la proporción de luz reflejada por su superficie en todo el espectro visible. Sin embargo, es posible obtener información útil mediante la medición de la reflexión en las regiones de color rojo, verde y azul del espectro visible, conocidas como estímulos primarios, como se hace normalmente en la colorimetría. Bajo las condiciones especificadas por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE), estas

lecturas se conocen como los valores triestímulos X (rojo), Y (verde) y Z (azul) (IWTO 56).

Se define el color, desde el punto de vista físico, como la propiedad de la luz transmitida, reflejada o emitida por un objeto, que depende de su longitud de onda. Sin embargo, la percepción del color depende no solo de las características del objeto sino también de las de la fuente de luz y del observador. La fuente de luz se describe por su espectro de emisión, el objeto por su espectro de transmisión o reflexión y el observador por su respuesta.

Los triestímulos X, Y y Z son calculados por la integral de la siguiente información:

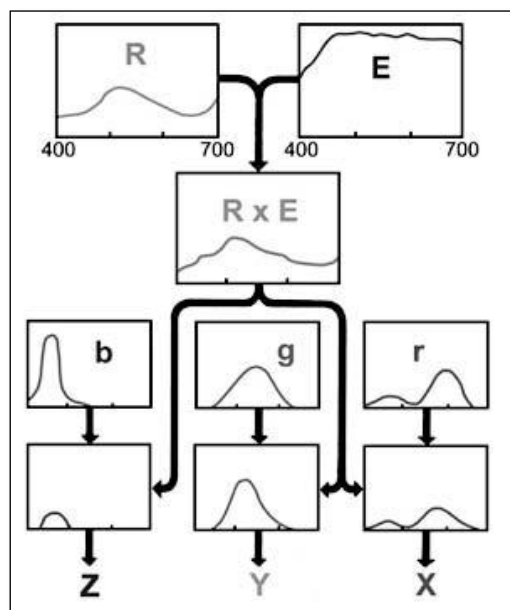
- Iluminante D65 (CIE): luz diaria y temperatura de color 6500°K, con la función de energía del espectro  $E(\lambda)$ .
- Objeto y su medida de reflexión espectrofotométrica, corresponde a la función  $R(\lambda)$ .
- Observador 10° (CIE), definido por las funciones  $r(\lambda)$ ,  $g(\lambda)$  and  $b(\lambda)$ .

Las fórmulas para el cálculo de los triestímulos (Figura 8) son:

$$X = \sum E(\lambda) \cdot r(\lambda) \cdot R(\lambda)$$

$$Y = \sum E(\lambda) \cdot g(\lambda) \cdot R(\lambda)$$

$$Z = \sum E(\lambda) \cdot b(\lambda) \cdot R(\lambda)$$



**Figura 8.** Cálculo de los valores triestímulos a partir de las funciones del iluminante (E), del objeto (R) y del observador (r,g,b) (Cottle 2010b)

El sistema de medida original estaba basado en un sistema de calibración ideado por la IWTO con las características Iluminante C y Observador a 2°, pero desde el año 2001 la industria se basa en el sistema CIE Iluminante D65 y Observador a 10°. Los valores de triestímulos se siguen expresando en valores C/2°, luego de realizar

una conversión a partir de los valores triestímulos medidos según el sistema D65/10° (IWTO 56). Algunas de estas equivalencias se observan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Descripción del color de la lana según el método IWTO.  
(Adaptado de IWTO 56).

	Y-Z (D65/10°)	Y-Z (C/2°)
Muy blanco	7	-2
Blanco	8	0
Cremoso	11	3
Amarillo canario, manchas	18	12

Como resultado de la medición objetiva el color de la lana se expresa en términos de valores triestímulos X, Y, Z (rojo, verde y azul respectivamente). Cuanto mayor sean estos valores, mayor es la “blancura”, mientras que una disminución en todos indica percepción más gris y una disminución relativa mayor en Z indica amarillo. En la práctica, el valor Y representa el Brillo o Luminosidad y el valor Y-Z es el Índice de Amarillamiento ya que:

Verde (Y) – Azul (Z) = Amarillo (Y-Z)

A mayor valor de Y indica mejor color por mayor luminosidad. A menor valor o valores negativos de Y-Z indica lana más blanca. Un color más amarillo está asociado a la disminución de la luminosidad de la lana, es decir, un menor Y (Wuliji y col., 1993; Reid, 1998).

La medición del color base de una muestra de lana, ya sea sucia o limpia, es una determinación del color inherente de la lana. Antes de su medición se debe realizar un proceso de limpieza en el laboratorio. El color base es un buen indicador del color más claro con que se pueden teñir la lana (IWTO 56).

La norma también define el color “as-is” como el color medido en lana desengrasada comercialmente o carbonizada. Es medido sobre la muestra tal como es recibida en el laboratorio, ya sea lavada, carbonizada o en forma de tops, sin limpieza adicional, omitiendo las etapas de lavado y enjuague. Al compararse con el color base es un buen indicador de la limpieza comercial de la lana, y se correlaciona también con la percepción subjetiva (IWTO 56).

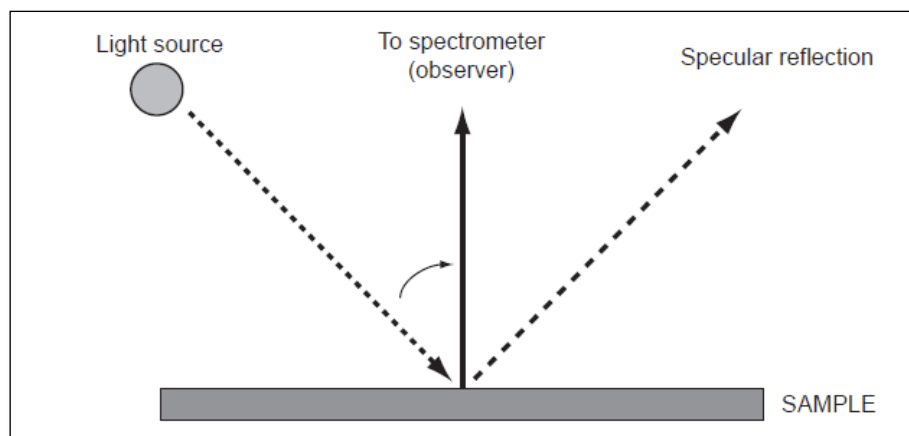
Sin embargo, el muestreo para medir el color “as-is” no está estandarizado como el procesamiento para obtener el color base, por lo que los resultados no son consistentes entre laboratorios. Usualmente, el color “as-is” es más bajo en términos de X, Y y Z que el color base, con una diferencia de hasta 10 unidades entre los valores de Y. Los resultados de Y-Z son similares para ambas mediciones, aunque existen variaciones que dependen del tipo de procesamiento industrial que tiene la lana (Cottle, 2010b).



Los requerimientos esenciales de un equipo para medir el color son:

- Una fuente de luz estandarizada
- Una muestra preparada de manera estandarizada, ya sea para medir color base o color “as-is”
- Un detector de luz reflejada sobre la muestra
- Un procesador de las señales que las exprese en X, Y y Z.

La norma especifica que el espectrofotómetro debe tener una geometría 45/0, lo que significa que el lector debe estar posicionado a 0° del observador, y a 45° de la fuente de luz, como se representa en la Figura 9.



**Figura 9.** Geometría 45/0 del espectrofotómetro. (Cottle, 2010a)

### 3.5- EL COLOR DE LAS LANAS URUGUAYAS

Las lanas producidas en Uruguay presentan ciertas deficiencias en el color, con una elevada proporción de lotes con niveles de amarillamiento por encima de los valores deseables, existiendo diferencias ente zafras, lotes, localidades y razas. En el mercado uruguayo no se realizan estudios de color medido objetivamente en las majadas comerciales, a excepción de animales reproductores (Abella y Preve, 2008). Únicamente en la raza Merino Australiano se aplican descuentos por color en el mercado uruguayo, dentro del Proyecto Merino Fino, en el cual el precio del lote se paga lo mismo que la semana anterior en Australia (Otegui, 2008). Cuando el Y-Z es mayor o igual a 1,0 los descuentos en el precio varían entre el 5 y el 15%, siendo mayores en lana de bajo diámetro (Abella y Preve, 2008). En lanas Corriedale no se aplican descuentos, lo que explica el poco interés por implementar la medición objetiva del color entre los análisis de calidad de la lana para esta raza.

Los valores promedio de Y-Z de las lanas Corriedale uruguayas se encuentran alrededor de 4,2, que indica un color cremoso, variando entre 1,4 y 7,3 (Capurro, 1996), a partir de estudios realizados tomando muestras de 57-60 establecimientos durante las esquilas de 3 años consecutivos. Para esta raza se considera que valores de Y-Z menores a 2 son muy buenos, entre 2 y 4 aceptables y mayores a 4

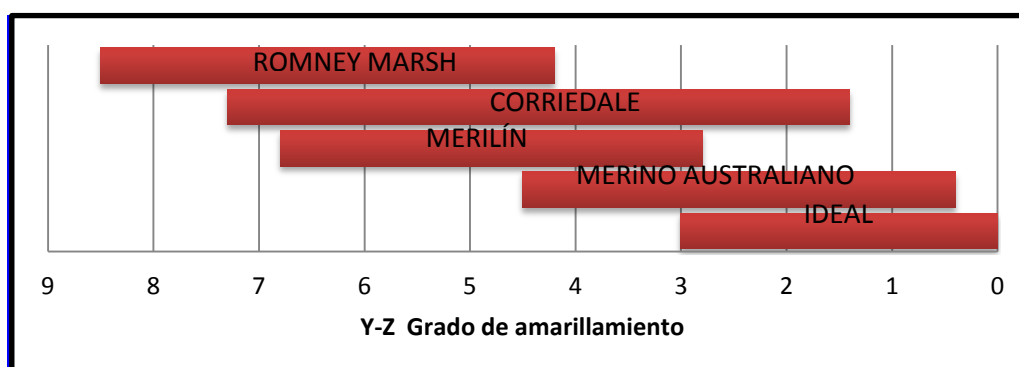
insuficientes (Peinado y col., 1999). Los valores aceptables para los mercados de calidad son de Y-Z de 2,7 o menores (Raquet, 1997).

En el Cuadro 2 se describen los valores promedio y el rango de color, luminosidad y otras características de calidad entre distintas razas uruguayas. Para razas distintas a Corriedale los valores de color también son altos, y se puede observar que hay gran variabilidad entre y dentro de las razas, lo que indica que la aplicación de un programa de selección sería posible. Se puede observar que las razas de lanas más finas tienen mejor color que las razas de lanas medianas o gruesas.

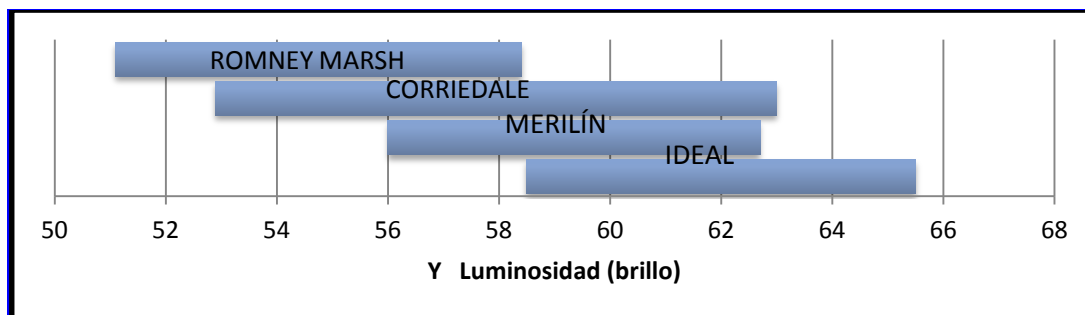
**Cuadro 2.** Valores promedio y rango de color, luminosidad, diámetro, rendimiento y resistencia por raza (Adaptado de Abella, 2010 y Abella, comunicación personal)

Raza	Color (Y-Z)	Luminosidad (Y)	Diámetro ( $\mu$ )	Rendimiento al lavado (%)	Resistencia a la tracción (N/ktex)
Romney Marsh	5,8 (4,2-8,5)	55,1 (51,1-58,4)	32,7 (30,3-35,0)	79,8 (75,5-83,1)	32,3 (20,5-44,0)
Corriedale	4,2 (1,4-7,3)	58,7 (52,9-63,0)	28,2 (25,5-31,3)	78,0 (71,6-83,7)	33,1 (16,0-49,0)
Merilín	4,9 (2,8-6,8)	59,8 (56,0-62,7)	25,0 (22,9-27,0)	74,5 (67,7-82,0)	31,6 (19,0-47,0)
Ideal	1,5 (0,0-3,0)	62,5 (58,5-65,5)	23,8 (22,0-26,1)	74,3 (67,9-80,9)	43,0 (29,5-52,5)
Merino Australiano	1,9 (0,4-4,5)		21,8 (20,4-24,0)	77,0 (71,3-80,5)	32,1 (23,5-39,0)

A partir de estos trabajos, se describe el rango de color (Figura 10) y de luminosidad (Figura 11) de las lanas uruguayas. Se observa en las Figuras que las razas Merino Australiano e Ideal tienen los mejores valores de Y-Z e Y, aunque en sus extremos superiores ambas sobrepasan las exigencias de mercados de calidad. Se observa también que la raza Corriedale tiene la mayor variabilidad tanto en Y-Z como en Y.



**Figura 10.** Rango de Y-Z para las principales razas uruguayas (Adaptado de Abella, 2010)



**Figura 11.** Rango de Y para las principales razas uruguayas (Adaptado de Abella, comunicación personal)

El SUL ha realizado trabajos comparativos entre las zafra 2002/03, 2003/04, 2004/05, y 2005/06, cuantificando la proporción de lotes según buen color en Corriedale ( $Y-Z < 3,0$ ) y Merino Australiano ( $Y-Z < 1,0$ ), con  $Y > 60$  en ambos casos (Cuadros 3 y 4). En ambas razas se encontró un bajo porcentaje de lotes con coloración aceptable, y una gran variabilidad entre años, aunque las lanas Merino Australiano fueron de manera consistente de mejor color y más luminosas que las lanas Corriedale.

**Cuadro 3.** Porcentaje de lotes de lana Corriedale con buen color ( $Y-Z < 3$ ) (Adaptado de Abella y Preve, 2008)

	$Y-Z < 3,0$ (%)	$Y > 60,0$ (%)	N° lotes
2002-03	3	3	31
2003/04	26	26	19
2004/05	16	68	31
2005/06	9	70	47

**Cuadro 4.** Porcentaje de lotes de lana Merino Australiano con buen color ( $Y-Z < 1$ ) (Adaptado de Abella y Preve, 2008)

	$Y-Z < 1,0$ (%)	$Y > 60,0$ (%)	N° lotes
2002-03	3	50	70
2003/04	20	89	92
2004/05	5	100	76
2005/06	2	99	82

Adicionalmente, estudios recientes realizados sobre la zafra 2005/06 por Cardellino y col. (2007; citado por Abella, 2010) detallan que de las muestras de lana Corriedale analizada (47 lotes) solamente el 4% tuvieron valores de  $Y-Z$  aceptables, entre 2,1 y 3,0. Del resto de los lotes el 58% tuvieron  $Y-Z$  entre 3,1 y 4,0, y el 38% tuvieron valores de amarillamiento mayores a 4,0. En los lotes de lana Merino Australiano el 98% de las muestras estudiadas sufrieron descuentos por color. Estos trabajos muestran que en lanas uruguayas el color es una de las características de calidad más alejadas de los estándares internacionales (Abella, 2010).

## 4- FACTORES QUE DETERMINAN EL COLOR

El color de la lana varía según la estructura del vellón y por factores ambientales como el año, estación y momento de esquila (Wilkinson y Aitken, 1985). Además, dentro de una misma majada puede haber una gran variación en el color de la lana de los animales, a pesar de tener un origen genético y un medio ambiente en común (Bray y Smith, 1999).

Como ya fue mencionado, el color de la lana no solo está afectado por el color inherente de la misma sino también por factores lavables y no lavables, como la cera, sudor, tierra, materia vegetal, productos de baños, agentes infecciosos, y distintas impurezas. Se pueden identificar cuatro factores fundamentales, genéticos, ambientales, fisiológicos y sanitarios, que actúan en conjunto en el desarrollo del color amarillo en los vellones.

### 4.1- GENÉTICOS

La heredabilidad del color de la lana medido subjetivamente por score tiene un rango variable de media a alta, siendo altamente influenciadas por variaciones como las dadas por el ambiente (Wilkinson y Aitken, 1985), por la raza y poblaciones estudiadas (Cameron y Stobart, 2008), y por interacciones entre sí. En Corriedale se ha estimado la heredabilidad del color por score en lana sucia en  $0,30 \pm 0,06$  (Benavides y col., 1998) y en  $0,44 \pm 0,14$  (Benavides y Maher, 2002). Estudios realizados en Merino Australiano la reportan en 0,63 (Morley, 1955) y en  $0,25 \pm 0,13$  (Raadsma y Wilkinson, 1990).

Estudios realizados en el color de lana limpia, medido como Y-Z, encontraron la heredabilidad para esta característica de 0,21 en ovinos Corriedale en Uruguay, en trabajos realizados en centrales de prueba de progenie (Gimeno com. pers., citado por Abella, 2010), y en las mismas condiciones Gimeno y Preve (2011) reportaron una alta heredabilidad ( $h^2=0,37$ ) y una repetibilidad media ( $R=0,41$ ). En Nueva Zelanda, Benavides y Maher (2002) también estimaron la heredabilidad del Y-Z en  $0,27 \pm 0,13$  en ovinos Corriedale, y la heredabilidad de la luminosidad en  $0,22 \pm 0,11$  (Benavides y Maher, 2000). En otras razas los valores fueron variables, se estimó en  $0,04 \pm 0,07$  en Romney Marsh (Hawker y col., 1988; citado por Benavides y Maher, 2002) y  $0,42 \pm 0,14$  en Merino Collinsville (James y col., 1990; citado por Benavides y Maher, 2002). Raadsma y Wilkinson (1990) estimaron la heredabilidad del color como Y-Z en Merino Australiano en  $0,35 \pm 0,14$ , y la de Y en  $0,32 \pm 0,13$ , mientras que James y col. (1983) en Merino Sudaustraliano estimaron la heredabilidad de Y-Z en  $0,32 \pm 0,17$ , y la de Y en  $0,29 \pm 0,16$ . En general, las heredabilidades estimadas para el color de lana limpia fueron menores que las heredabilidades para el color de lana sucio. Sin embargo, la gran variabilidad encontrada entre los resultados de estos ensayos puede deberse a que en varios de estos estudios se utilizaron como padres unos pocos carneros de elite, lo que puede haber falseado las variancias y covariancias genéticas, y a la distinta locación y clima en que se llevaron a cabo los ensayos.

Los vellones presentan variaciones respecto al cambio de color, y se pueden identificar animales con lana resistente o susceptible al amarillamiento. Esta

característica tiene componentes genéticos y ambientales; es decir, el amarillamiento de la lana se da en vellones susceptibles genéticamente bajo el desafío de condiciones ambientales de alta temperatura y humedad (Winder y col., 1998a). Se puede, por medio de pruebas de laboratorio de incubación de lana, desafiar a los vellones y así evidenciar los que son más susceptibles a la coloración, para realizar selección en las majadas con el fin de minimizar la aparición del amarillamiento (Reid, 1993). En estudios realizados en la raza Corriedale en Nueva Zelanda por Benavides y col. (1998), de una población de 1498 ovinos el 82% mostró ser susceptible al amarillamiento de la lana.

Dos métodos de laboratorio han sido desarrollados para detectar la susceptibilidad al amarillamiento, el test predictivo y el test desafío (Aliaga y col., 1996; Winder y col., 1998b). El test predictivo (YPT, Yellow Predictive Test) es un método indirecto desarrollado por Wilkinson (1981) que consiste en la incubación de muestras de lana sucia en tubos de vidrio durante 5 días en condiciones de 40°C de temperatura y 100% de humedad relativa. Se extrae material del centro de la muestra en acetona 61% y se mide la absorbancia a 430 nm del líquido sobrenadante (Aitken y col., 1994).

El test desafío (YCT, Yellow Challenge Test) es un método directo que consiste en incubar muestras de lana sucia durante 14 días en placas de Petri en las mismas condiciones de temperatura y humedad (40°C y 100%). El color es medido por colorímetro y expresado como Y-Z (Reid y Botica, 1995). Luego de distintas modificaciones, se ha optimizado la técnica al utilizar jarras de vidrio para colocar las muestras en vez de cajas de Petri tradicionales, logrando así acortar los tiempos de incubación a 6 días (Aliaga y col., 1996). A partir de ambos test de incubación se describe el YPC (Yellow Predictive Colour) (Benavides y Maher, 2002).

En general, luego de ambos ensayos se produce una disminución de los triestímulos Y y Z, y un aumento del Y-Z y del desvío estándar de las mediciones de color (Reid y Botica, 1995). Estudios comparados entre distintas razas muestran que existe gran variabilidad en la susceptibilidad al amarillamiento entre razas (Corriedale, Coopworth, cruza), mientras que en la raza Merino Australiano las muestras tuvieron mínimo amarillamiento luego de las pruebas de incubación (Reid, 1993). Se sugiere así que el color es un problema de calidad principalmente en lanas de razas distintas a la Merino Australiano.

Las características subjetivas más importantes de los animales resistentes al amarillamiento son un vellón suave, de buen toque, color blanco a la apreciación subjetiva, con mechales definidas y tendientes a tener punta; mientras que los animales susceptibles tienen un toque áspero y un color subjetivo cremoso. Los vellones de animales resistentes son más apretados y compactos, lo que puede influir en el tiempo que demoran los vellones en mojarse y secarse con las lluvias. También tienen mayor peso limpio, color de lana limpia (Y-Z) más blanco, tienen mayor rendimiento, menor contenido en sudor, y se almacenan en mejores condiciones que los vellones susceptibles (Wilkinson y Aitken, 1985). Las lanas resistentes al amarillamiento demoran más tiempo en presentar cambios de coloración y estos cambios se dan en menor medida que en las lanas susceptibles, cuando son expuestas a iguales condiciones ambientales (Reid, 1993).

## 4.2- AMBIENTALES

A pesar de la importancia de los factores genéticos en la determinación del color, el mismo se debe principalmente a los efectos del ambiente sobre las fibras. Está reconocido que la incidencia del amarillamiento es más común en algunos años que en otros, más prevalente en algunas localidades geográficas o en algunos meses del año (Wilkinson y col., 1985; Reid, 1998).

El color puede variar según las condiciones ambientales a las que son expuestos los animales antes del momento de su esquila, siendo las principales la estación del año y la lluvia y humedad antes y durante la esquila, además de ser influido por las condiciones de almacenamiento y por el propio proceso industrial (Bray y Smith, 1999).

El amarillamiento de la lana se produce por la oxidación de algunos residuos aminoacídicos (tirosina y triptófano) del compuesto primario de la fibra de lana, la queratina, y este proceso se acelera debido a la exposición al calor o a la luz solar o ultravioleta (Rogers y Schlink, 2010).

El clima juega un papel fundamental en los cambios de coloración de la lana, frecuentemente asociado a abundantes precipitaciones, junto a altas temperaturas y elevada humedad ambiental, que producen condiciones favorables para el aumento de la actividad bacteriana sobre la piel del ovino y a la ocurrencia de reacciones químicas en el sudor del vellón (Benavides y Maher, 2002). La máxima coloración amarilla se ha presentando en ovejas susceptibles al amarillamiento cuando éstas son expuestas a condiciones de alta temperatura y humedad, observándose como consecuencia un patrón estacional en la coloración de la lana (Reid, 1993). Durante condiciones secas, el desarrollo del color está limitado y la clasificación subjetiva de los vellones identifica baja variabilidad en el color. En cambio, en condiciones ambientales cálidas y húmedas se observa un mayor amarillamiento de la lana de animales susceptibles (Raadsma y Wilkinson, 1990).

Las condiciones ambientales de la cría de ovinos en Uruguay son favorables al amarillamiento de la lana, particularmente dadas por la alta humedad acompañada por alta temperatura cuando la lana tiene un largo apreciable, en especial en los meses previos a la esquila, que tradicionalmente se realiza a finales de primavera (Larrosa y Sienna, 1999). Estudios realizados en Uruguay en la raza Corriedale reportan que existe una gran variabilidad respecto a la estación de esquila; la lana esquilada en invierno mostró ser menos susceptible al amarillamiento que la esquilada en verano. Esto sugiere que una fecha de esquila de invierno podría mejorar el color de la lana uruguaya (Neimaur y col., 2009). Sin embargo, estudios realizados por Abella y Preve (2008) en varias zafras de esquila muestran que en raza Corriedale la esquila más temprana (julio, agosto y setiembre, coincidente con la esquila preparto) generó mayores índices de amarillamiento que la esquila en octubre y noviembre.

En estudios realizados en otras razas (Merino Australiano, cruza), en Nueva Zelanda, se observa un patrón estacional en el color de la lana, aumentando los valores de Y-Z durante el verano y otoño. A partir de estas observaciones en este país se ha intentado mejorar el color mediante la elección de una fecha de esquila

más conveniente, pero esta medida de manejo no ha mostrado resultados consistentes (Reid, 1998).

La raza Corriedale cuenta con otro problema; se han buscado como caracteres favorables la selección de carneros con vellones cerrados en su parte exterior, de mechales poco definidas, para reducir la penetración de agua a través del vellón. Sin embargo, dada la intensidad de lluvias en las épocas previas a la esquila el efecto provocado es el opuesto, ya que los vellones cerrados impiden el secado rápido de la lana y la piel, favoreciendo el desarrollo de lesiones o el crecimiento microbiano, lo que afecta el color de la lana (Henderson, 1968).

El color es una de las características de la lana que se ve modificada de manera importante durante todos los pasos del procesamiento, desde el almacenamiento hasta el teñido, siendo algunos cambios posibles de predecir (Baxter, 2001). Luego de la esquila es habitual almacenar las lanas a la espera de una oportunidad comercial para vender el producto. Las mediciones de color en Nueva Zelanda muestran que las variaciones en el color de la lana limpia durante el almacenamiento pueden llegar hasta media unidad en los valores Y-Z, sin gran deterioro hasta los 3 años de almacenamiento. Los certificados de color son válidos por 2 años en Merino Australiano y por 12 meses en cruza (Baxter, 2001; SGS, 2013).

Sin embargo, la lana sucia se comporta de forma distinta durante el almacenamiento. En razas cruza el valor Y-Z puede aumentar hasta 5 unidades en 3 años. En Nueva Zelanda los certificados de color en lana sucia son válidos por 6 meses en cruza, pero por 2 años en Merino Australiano (Baxter, 2001; SGS, 2013). Esto se da porque se ha identificado una mayor estabilidad del color en almacenamiento para la lana Merino, incluso para la lana sucia, mientras que algunas lanas cruza pueden cambiar de color en 0,05 unidades de Y-Z por cada día de almacenamiento, resultando en 1,5 unidades por mes. En Merino Australiano se reporta un aumento del Y-Z en 0,01-0,1 unidades por mes, lo que corresponde a 2 unidades de Y-Z en un período de 2 años, según las circunstancias. Similares cambios en luminosidad (Y) fueron observados. Sin embargo, estas generalizaciones en las lanas Merino no se aplican si las condiciones de almacenamiento son particularmente húmedas o cálidas (Baxter, 2001).

Las condiciones del almacenamiento son importantes, en Romney se reportó que los valores de Y, X y Z se incrementaron de manera lineal al modificar la temperatura de almacenamiento de 3°C a 20°C (Bray y col. 1999). Las lanas susceptibles al amarillamiento son las que sufren mayores cambios durante el almacenamiento y procesamiento de las mismas, por lo que la selección en contra de esta característica también reduciría estos problemas (Reid, 1993). Adicionalmente los cambios de color de la lana sucia podrían ser menores siempre y cuando se enfarde la lana correctamente cosechada, con mínimo contenido de humedad, en fardos de polipropileno de alta densidad.

La ingesta de alimentos de calidad favorece el amarillamiento de la lana, aunque las coloraciones reportadas son removibles al lavado y solamente afectan la apreciación subjetiva del color del vellón (Henderson, 1968). Paganoni y col. (2000) estudiaron la influencia de la suplementación en el color de la lana de 3 grupos de borregos Merino Australiano alimentados con dietas con contenido proteico ascendente (cebada, lupino y canola). No se observaron efectos significativos de los

tratamientos sobre el color sucio o limpio, aunque si observaron mayor susceptibilidad al amarillamiento de la lana sucia frente al desafío de la incubación para el grupo alimentado con cebada, seguido por el alimentado con canola, siendo el grupo alimentado con lupinos el más resistente al amarillamiento de la lana sucia.

Croock y col. (2000) estudiaron el efecto de dos dietas con alto y bajo nivel proteico y con fuente proteica de alta y baja degradabilidad ruminal, en borregos Merino de líneas superfinas ( $15,3 \pm 1,0 \mu$ ), y no encontraron diferencias en el color de la lana sucia en ninguno de los tratamientos. El nivel de proteína en la dieta afectó las características de la suarda como el contenido en potasio y el pH, pero estos cambios no tuvieron efecto sobre el color de la lana ni sobre el color final luego del desafío de la incubación.

### 4.3- FISIOLÓGICOS

La suarda es un componente particular de la lana, compuesta por la cera y el sudor. Es un compuesto fluido e incoloro, y está presente a lo largo de la mecha protegiendo las fibras (Henderson, 1968). Las características particulares de los componentes de la suarda modifican de manera importante el color de la lana bajo la influencia de determinadas condiciones ambientales.

El sudor o suintina es producto de las glándulas sudoríparas situadas en la piel en la base de los folículos primarios. Está compuesto de sales de distintos ácidos grasos y es soluble en agua, siendo su principal catión el potasio (Aitken y col., 1994). Distintos estudios sugieren que características del sudor son responsables del cambio de color de la lana, ya que el amarillamiento se acrecienta con mayores porcentajes de sudor (Winder y col., 1998b; Sumner y col., 2003) Estudios sobre el contenido de sudor de los vellones han encontrado una correlación genética de 0,7 con Y-Z (McGuirk y Watts, 1983).

No está descartada que la base genética de la susceptibilidad al amarillamiento esté determinada por la naturaleza del sudor de la epidermis, ya que la producción de sudor alcalino y su contenido en potasio son heredables. Aitken y col (1994) y Benavides y Maher (2003) mostraron que existe una alta correlación genética entre el contenido de potasio de la suarda y la propensión de los vellones al amarillamiento en ovinos Merino Australiano y Corriedale, respectivamente. El ion potasio es el mineral de mayor presencia tanto en la suarda como el sudor, y sus sales son los productos de mayor excreción de las glándulas sudoríparas. Se podría suponer que la relación entre contenido de potasio y producción de sudor son reflejo de una misma respuesta. Sin embargo, las correlaciones entre contenido de potasio y color son mayores que entre producción de sudor y color (Benavides y Maher, 2003). La identificación del contenido en sudor y la proporción de potasio del mismo podría ser útil para identificar animales susceptibles al amarillamiento.

Adicionalmente, se ha demostrado que existe una relación curvilínea entre el pH de la suarda y el amarillamiento de la lana, tanto en Merino Australiano como en Romney Marsh (Sumner y col., 2003) y en Corriedale (Sienra y Barbato, 1982). Se sugiere, sin embargo, que los cambios de pH pueden ser consecuentes al cambio de coloración y no causales del mismo, ya que la correlación entre color y pH aumenta



significativamente después de los test de incubación. El pH puede aumentar por la formación de sales orgánicas formadas por la interacción entre el potasio de la suarda y los ácidos grasos de la cera (Aitken y col., 1994).

Otro factor determinante es que el sudor es altamente higroscópico, por lo que altos niveles del mismo pueden favorecer la retención de humedad en los vellones (Aitken y col., 1994). Es relevante el hecho de que las estimaciones de heredabilidad para producción de sudor y contenido de potasio en el mismo son generalmente bajas, y estas características muestran un componente ambiental importante. Se ha observado que aumentan frente a condiciones ambientales de humedad y alta temperatura (Benavides y Maher, 2003). No se ha definido el rol del porcentaje de agua del sudor en la susceptibilidad de la lana a los cambios de coloración, por lo que habría que estudiar más a fondo la proporción glandular de los animales sensibles y resistentes, y la composición de sus exudados (Winder y col., 1998b).

La cera es producto de las glándulas sebáceas, presentes en la base de los folículos primarios y secundarios, y cumple una función protectora de las fibras. Es insoluble en agua y soluble en bencina y tetracloruro de carbono. El proceso de lavado de la lana consiste en emulsionar la cera de la lana en agua tibia con el agregado de detergentes. Estudios realizados por Winder y col. (1998b), encontraron que luego de removida la cera de la lana ésta aumentó su susceptibilidad a los cambios de color. Los vellones susceptibles al amarillamiento sufren una pérdida de la cera en ciertas condiciones ambientales, lo que los vuelve vulnerables a la degradación y a los cambios de coloración. Se propone que en los vellones susceptibles las fibras de lana absorben los productos de degradación de la cera mezclados con sudor y metabolitos de origen bacteriano, que causan el cambio de color en las mismas (Aitken y col., 1994).

La interacción entre la cera y el sudor puede ser responsable del amarillamiento del vellón, ya que no se ha identificado un único factor responsable del color (Raadsma y Wilkinson, 1990; Winder y col., 1998b). El sudor tiene un efecto detergente, removiendo la cera protectora cuando el vellón está mojado, haciéndolo más susceptible al ataque bacteriano y mediando así los cambios de coloración (Winder y col., 1998a). Al mismo tiempo, la composición química de la cera también es alterada, lo que junto a los cambios de pH pueden alterar la estructura de la fibra y permitir el ingreso de productos potenciadores de color dentro de ellas (Aitken y col., 1994).

Los vellones susceptibles tienen una relación cera/sudor más baja que los resistentes (Aitken y col., 1994), así como la relación cera/sudor en lanas cruza es más baja que en lanas Merino, lo que puede explicarse por qué las lanas cruza no tienen la calidad de color que las Merino. Esto puede deberse a menor contenido en cera, a mayor contenido de sudor (Winder y col., 1998b) o a la combinación de ambas condiciones. Estudios comparativos entre Merino Australiano y Romney Marsh realizados por Sumner y col. (2003), muestran que mientras que ambas razas tienen la misma cantidad de folículos primarios, y por ende la misma cantidad de glándulas sudoríparas, la raza Merino tiene el doble de folículos totales que la Romney, por lo que tiene mayor proporción de cera en su lana, lo que puede explicar entre otros factores su mayor resistencia al amarillamiento.

#### 4.4- SANITARIOS

La importancia de la alta humedad y temperatura en el amarillamiento de la lana sugiere que el problema de coloración de las fibras es producido por bacterias, siendo la principal patología identificada el “fleece rot” (podredumbre del vellón). La resistencia de algunos animales al amarillamiento puede sustentar esta teoría ya que se ha identificado que los animales susceptibles al amarillamiento tienen mayor carga bacteriana que los resistentes durante períodos secos (Winder y col., 1998a).

##### **“Fleece rot”**

El “fleece rot” es una dermatitis seropurulenta causada principalmente por *Pseudomonas aeruginosa*, que prolifera en el vellón y en la piel en condiciones de lluvia prolongada (McGuirk y Watts, 1983). No es removible al lavado, pero no necesariamente representa un daño en la fibra. Es un problema de gravedad en Australia al complicarse típicamente con una miasis secundaria producida por *Lucilia cuprina*, que genera la podredumbre del vellón propiamente dicha (body strike) en ovinos susceptibles. En ese país la susceptibilidad al “fleece rot” en las majadas es un criterio de selección indirecto contra la miasis (McGuirk y Watts, 1983; McGuirk y Atkins, 1984).

Cuando las ovejas son expuestas a la lluvia el vellón funciona como una barrera impermeable a la misma, y se logra un microclima seco que previene el desarrollo de *P. aeruginosa*. Pero una vez que ingresa agua al vellón y si se mantiene durante unos días se crean condiciones favorables para el crecimiento bacteriano, particularmente de *P. aeruginosa*, que se multiplica rápidamente en los ambientes húmedos y aerobios, a tal punto que en un lapso de 3 días es capaz de establecerse como la especie dominante de la flora microbiana del vellón. *P. aeruginosa* crece alimentándose de restos celulares, hidrolizando la cera del vellón destruyendo la capa impermeable que lo protege y solubilizando en agua o en agentes emulsificantes a algunos de sus componentes (McGuirk y Watts, 1983).

Dentro de las primeras horas en que la piel se humedece se pueden observar los primeros signos de maceración e inflamación, como ser edema o incluso hemorragia, infiltración leucocitaria en la dermis y epidermis, y exudado seroso. Más adelante se forman micro abscesos en el estrato córneo de la epidermis que drenan su contenido purulento al vellón. En casos severos se puede desarrollar una dermatitis ulcerativa, con áreas de la piel completamente erosionadas y elementos vasculares expuestos a la superficie (McGuirk y Watts, 1983).

El exudado seroso provee un excelente medio de cultivo para el crecimiento de *P. aeruginosa*, contribuyendo además a mantener el ambiente húmedo que favorece el crecimiento bacteriano. Este exudado tiene componentes proteicos que se asocian a la cera del vellón y aumentan su susceptibilidad a la hidrólisis por *P. aeruginosa*. Bajo estas condiciones *P. aeruginosa* puede liberar enzimas extracelulares y toxinas que inflaman y dañan la piel humedecida. El exudado seropurulento liberado a la superficie altera el vellón generando las bandas de color amarillo, verdoso o amarronado que son un signo clínico del “fleece rot” (McGuirk y Watts, 1983). Uno de los productos de excreción de *P. aeruginosa* es el pigmento piocianina, que le da

la coloración amarilla a las bandas, y se forma por oxidación al exponerse a la luz solar o a pH de aproximadamente 8,4 (Henderson, 1968).

La resistencia al “fleece rot” puede darse mediante una serie de barreras fisiológicas en el animal huésped que eviten la exitosa colonización de la piel por *P. aeruginosa*. Estas barreras pueden tener lugar en el vellón, la piel o el sistema inmune de los ovinos. Las propiedades fisicoquímicas del vellón pueden afectar la susceptibilidad o la resistencia al “fleece rot”, influyendo principalmente en su capacidad de absorber agua y de secarse con rapidez. La composición de la cera de los vellones susceptibles al “fleece rot” la hace más degradable por *P. aeruginosa* que la cera de los vellones resistentes (Winder y col., 1998a). De forma generalizada, las ovejas resistentes tienen vellones difíciles de humedecer y de rápido secado, compactos y de textura suave, compuestos de mechass definidas y espesas, buen carácter, de color blanco y brillante, con puntass cuadradas. En contraste, las ovejas susceptibles tienen vellones de menor densidad y menor suavidad, de color más cremoso, con mechass poco definidas y finas, de extremos puntiagudos, con menor carácter. Estos vellones se humedecen con facilidad y secan más difícilmente (Lipson, 1978; McGuirk y Watts, 1983). Sin embargo, a pesar de esta apreciación subjetiva, la única diferencia estadísticamente significativa entre los vellones susceptibles y los resistentes es el índice de amarillamiento como Y-Z (Wilkinson, 1981).

La susceptibilidad al “fleece rot” tiene una base genética; se ha observado gran variabilidad de esta característica dentro de distintas razas, y estimaciones de su heredabilidad en Merino Peppin resultaron entre 0,2 y 0,3 (McGuirk y Atkins, 1984). Se ha estudiado profusamente la asociación entre la susceptibilidad al “fleece rot” y características del vellón, siendo el color una de las más estudiadas (McGuirk y Watts, 1983; Raadsma y Wilkinson, 1990).

Existen otros factores que influyen en la susceptibilidad al “fleece rot”, muchos de los cuales no están completamente definidos. Estudios realizados en Merino Australiano muestran diferencias en la incidencia de “fleece rot” según la finura de los vellones, siendo las más susceptibles las lanas más gruesas (McGuirk y Atkins, 1984), aunque los resultados no son consistentes con estudios realizados en otras razas (McGuirk y Watts, 1983; James y col., 1989). Watts y col. (1981) no encontraron diferencias en diámetro promedio entre animales resistentes y susceptibles al “fleece rot” en Merino Australiano, pero sí observaron que los animales resistentes tenían un menor coeficiente de variación de diámetro que los susceptibles. Esto da a entender que los animales resistentes tienen mechass más consolidadas y uniformes, lo que determina una arquitectura del vellón ventajosa para protegerlos de las lluvias.

La baja cantidad de proteína insoluble en la piel junto al bajo pH (<6,3) del sudor serían también factores favorables para la resistencia (Lipson y col., 1982). Un mayor pH puede indicar mayor poder detergente del sudor (McGuirk y Watts, 1983). Otra causa del elevado pH en los vellones susceptibles puede deberse a la proliferación bacteriana de *P. aeruginosa* (Winder y col., 1998a). En general, no se ha encontrado una asociación segura entre las distintas características de los vellones y la incidencia al “fleece rot”.

## **5- ASOCIACIONES**

Como se mencionó anteriormente, el color es una de las principales deficiencias de calidad en las lanas uruguayas (Abella, 2010). De tal manera, se buscan distintas estrategias para reducir su incidencia en las majadas, siendo las de mayor aplicabilidad los criterios de mejora genética mediante selección de reproductores resistentes a los cambios de color. Sin embargo, y a diferencia de otras características de la calidad, la resistencia al amarillamiento es de difícil medición directa, por lo que se buscan asociaciones genéticas y fenotípicas con otras características del animal o de la lana, con el fin de estimar correlaciones y posibilitar la selección genética de los animales a edad temprana, con lo cual disminuye el intervalo generacional y aumenta el progreso genético en la característica objetivo.

### **5.1-ASOCIACIÓN ENTRE COLOR POR ESCORE Y COLOR COMO Y-Z**

La relación entre color de lana medido subjetivamente (por score) y color de lana medido objetivamente (Y-Z) es la más estudiada, y muestra gran variación; existiendo trabajos que reportan una asociación baja (Bray y Smith, 1999), entre ambas características, mientras otros presentan estimaciones altas (Wilkinson y Aitken, 1985). Estudios realizados en Nueva Zelanda por Bray y Smith (1999), encuentran una distinción entre razas con alto peso de vellón y mayor diámetro de fibra (Romney Marsh), frente a otras razas (Perendale, Coopworth, cruza Texel y Dorset). La correlación fenotípica entre color medido subjetivamente y color objetivo se estimó en 0,22 para la totalidad de los animales, y en 0,29 para las líneas genéticas con sangre Romney. Según estudios realizados por Benavides y Maher (2002) con Corriedale, la correlación fenotípica entre estos dos caracteres fue de  $0,21 \pm 0,05$ , mientras que la correlación genética fue de  $0,40 \pm 0,28$ . En la raza Merino Australiano la correlación fenotípica entre color subjetivo y objetivo fue estimada en 0,43 por Raadsma y Wilkinson, (1990). Por su parte, Benavides y Maher (2000), encontraron diferencias significativas entre el índice de amarillamiento, luminosidad y color subjetivo según año de observación y sexo en Corriedale. Estos autores estimaron la correlación genética en  $0,64 \pm 0,22$  para Y-Z e Y y la correlación fenotípica en  $-0,50 \pm 0,04$ .

Ante resultados tan variables, la apreciación del color de la lana sucia no es un estimador muy confiable del color que tendrá la lana lavada. Esto puede llevar a errores en la colocación de los precios para los productores y al descarte de lanas de buen valor comercial. Por esto se hace necesario medir objetivamente el color de la lana o se busca otra característica asociada al mismo (Benavides y Maher, 2002).

### **5.2- ASOCIACIÓN ENTRE EL COLOR DE LANA Y EL TEST DE INCUBACIÓN**

Entre los parámetros correlacionados con el color de lana limpia se estudió la posibilidad de utilizar el YPC (yellow predictive colour) como una característica asociada al color para realizar selección indirecta sobre las majadas. El YPC representa un buen indicador de la susceptibilidad al amarillamiento (Wilkinson y Aitken, 1985) y al "fleece rot" (Raadsma y Wilkinson, 1990).

La metodología para calcular el YPC es el test de incubación, que se basa en la incubación de muestras de lana en ambientes favorables al desarrollo de color, como altas temperatura y humedad, y se interpreta como la reacción natural del color de la lana sucia frente a ambientes desafiantes (Benavides y Maher, 2002).

Los resultados del test de incubación están fuertemente correlacionados con el color de lana medido subjetivamente por escore. Benavides y Maher (2002), estimaron en ovinos Corriedale la correlación fenotípica con el color de lana por escore en  $0,54\pm 0,04$ , y la correlación genética en  $0,99\pm 0,12$ , mientras que Benavides y col. (1998), la estimaron en  $0,95\pm 0,06$  en Corriedale. En Merino Australiano se han estimado valores de correlación fenotípica de 0,42; y de correlación genética de 0,84 (Raadsma y Wilkinson, 1990).

Estas altas correlaciones entre color de lana sucia y el test de incubación son consistentes con la explicación de la influencia ambiental en la determinación del color de la lana. La incubación potencia la natural predisposición de la lana al amarillamiento, aumentando la sensibilidad en la detección de color, en comparación con la evaluación subjetiva del color. También explica que las correlaciones entre YPC y color medido por Y-Z sean consistentemente menores que las correlaciones entre color por escore y color por Y-Z. En los estudios con Corriedale llevados a cabo por Benavides y Maher (2002), se estimó una correlación fenotípica de  $0,20\pm 0,05$  y una correlación genética de  $0,64\pm 0,31$  entre Y-Z e YPC. En las majadas estudiadas por Benavides y Maher (2002), los animales identificados como susceptibles por el test de incubación tuvieron un Y-Z promedio de 4,1, mientras que los resistentes tuvieron un Y-Z mucho menor, de 1,2. Sin embargo, en los estudios realizados por Raadsma y Wilkinson (1990) con Merino Australiano la correlación fenotípica entre YPC y color por Y-Z fue de 0,52, y la correlación genética se estimó en 0,90; ambas estimaciones fueron mayores que las encontradas entre color por escore e YPC.

El test de incubación es heredable; en Corriedale Benavides y Maher (2002), estimaron su heredabilidad en:  $0,16\pm 0,10$ , Benavides y Maher (2003) en:  $0,27\pm 0,06$  y Benavides y col. (1995, citado por Reid, 1998), en:  $0,28\pm 0,08$ .

Los resultados de heredabilidad y correlación genética estimados por los distintos autores indican la posibilidad de utilizar el test de incubación como un método de selección indirecta en contra del amarillamiento de la lana. Su principal ventaja es que permite identificar animales susceptibles al amarillamiento que pasan desapercibidos en las majadas, ya que se los somete a condiciones ambientales extremas (Neimaur y col., 2009). Sin embargo, la inconsistencia de los resultados de correlaciones y heredabilidad y la dificultad para llevar a la práctica la técnica de incubación son una desventaja a la hora de aplicar el YPC como criterio de selección en las majadas comerciales (Benavides y Maher, 2002).

### 5.3- ASOCIACIÓN ENTRE EL COLOR Y CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS

- **Diámetro de fibra**

Estudios realizados en la Universidad de Lincoln, Nueva Zelanda, muestran que las correlaciones genéticas entre susceptibilidad al amarillamiento y el diámetro promedio fueron bajas en razas de lana gruesa (diámetro promedio entre 33,6 $\mu$  y 39,5 $\mu$ ) como Perendale, con  $r=0,01$ , y Coopworth, con  $r=-0,06$  (Reid y Botica, 1995). Esos resultados concuerdan con estudios realizados por Bray y Smith (1999) en razas de lana gruesa con diámetro promedio de 34,9 $\mu$  (Romney, Perendale, Coopworth, cruza Texel y Dorset), que reportaron una correlación genética de: 0,02 entre diámetro promedio y color como Y-Z.

Sin embargo, las asociaciones encontradas entre susceptibilidad al amarillamiento y diámetro promedio fueron significativamente mayores en razas de lanas medias y finas (Thompson, 1987). Reid y Botica (1995) estimaron una correlación fenotípica de: 0,45 en Corriedale (diámetro promedio de 31 $\mu$ ) y de: 0,84 en Merino Australiano (diámetro promedio de 23,6 $\mu$ ). Estudios realizados en centros de progenie de Uruguay encontraron una correlación genética de: 0,20 en ovinos Corriedale (Gimeno com. pers., citado por Abella, 2010). También en Corriedale, Benavides y Maher (2002), reportan una correlación fenotípica media entre diámetro promedio de fibra y color medido como Y-Z (0,26 $\pm$ 0,05), pero una alta correlación genética (0,93 $\pm$ 0,18). En el mismo ensayo se estudiaron las correlaciones entre el color medido por score subjetivo y el diámetro, resultando una correlación fenotípica de 0,22 $\pm$ 0,06 y una correlación genética de 0,29 $\pm$ 0,22.

En South Australian Merino James y Ponzoni (1982) estimaron la correlación fenotípica entre el diámetro (promedio de 21,81 $\mu$ ) y el color por Y-Z entre 0,11 y 0,14, mientras que la correlación fenotípica con el color de lana por score fue de 0,08; hecho que no se adecuaba a los resultados encontrados en animales de raza fina. Los mismos autores estimaron la correlación fenotípica entre luminosidad y diámetro promedio entre -0,04 y -0,11. Benavides y Maher (2000) en Corriedale reportaron correlaciones genéticas con Y del orden de: -0,42 $\pm$ 0,25 y fenotípicas de: -0,18 $\pm$ 0,05. En estudios realizados por Raadsma y Wilkinson (1990), con Merino Australiano, las correlaciones fenotípicas entre diámetro promedio y color fueron bajas ( $r=0,01$  con el color por score y  $r=0,12$  con color por Y-Z); mientras que las correlaciones genéticas fueron de mediana magnitud ( $r=0,45$  con color por score y  $r=0,33$  con Y-Z).

La mayoría de los estudios afirman que en razas de lana fina la predisposición al amarillamiento está correlacionada positivamente con el diámetro, por lo que la selección directa en contra del diámetro en Merino Australiano y otras razas de lana fina mejora el color de la lana de forma indirecta. Lo cual es a su vez deseable en estas razas donde el diferencial de precio por lana fina es mayor que en raza de lana media y/o gruesas, donde esta relación no se observa (Reid y Botica, 1995). Sumner y col. (2003) observaron que la raza Merino Australiano tiene el doble de folículos totales que la raza Romney pero igual número de folículos primarios. Los folículos primarios generan una fibra más gruesa que los secundarios, y poseen en su base las glándulas sudoríparas. Los folículos secundarios, en cambio, producen cera, que tiene un efecto protector sobre las fibras de lana, y adicionalmente estos folículos

dan origen a fibras de menor diámetro. Esto puede explicar la correlación existente entre la lana fina y la resistencia al amarillamiento.

No solamente el diámetro promedio es relevante, también lo es la variabilidad del diámetro dentro de los vellones. Una menor variabilidad de diámetro de fibra resultaría en vellones más estructurados, con puntas más consolidadas y menos puntiagudas y mechas mejor definidas, que resultan más difíciles de mojar. Las correlaciones fenotípicas encontradas entre el coeficiente de variabilidad y el color como Y-Z con el score son bajas, pero la correlación entre el coeficiente de variabilidad y la susceptibilidad al "fleece rot" es positiva y alta, en South Australian Merino (James y Ponzoni, 1992).

Es importante esta distinción según razas, ya que en muchos mercados las penalizaciones al precio de la lana son mayores en lanas finas (Reid y Botica, 1995). La correlación positiva en Merino Australiano es ventajosa para la selección genética; realizando selección directa en contra del diámetro de fibra indirectamente se hace selección contra Y-Z, aunque los resultados presentados no son definitivos. Esto no ocurre en razas de lana mediana y gruesa, en las que las correlaciones son de menor magnitud.

- **Peso del vellón**

El peso del vellón es una característica productiva de importancia en razas de lana mediana y gruesa. Benavides y Maher (2002), trabajando con Corriedale, estimaron bajas correlaciones fenotípicas entre color por Y-Z y peso del vellón sucio ( $r= 0,13\pm 0,05$ ) o limpio ( $r= 0,16\pm 0,05$ ). Sin embargo, las estimaciones de correlaciones genéticas fueron moderadas con el peso de vellón sucio ( $r= 0,44\pm 0,31$ ) y altas con el limpio ( $r= 0,91\pm 0,24$ ). Las correlaciones fenotípicas estimadas con el color por score fueron medianas con peso del vellón limpio ( $r= 0,21\pm 0,06$ ) y sucio ( $r= 0,35\pm 0,05$ ), mientras que las correlaciones genéticas variaron entre medianas a altas para color de lana sucia y peso de vellón limpio ( $r= 0,67\pm 0,20$ ) o sucio ( $r= 0,72\pm 0,16$ ).

En razas Romney, Perendale, Coopworth, cruza Texel y Dorset, Bray y Smith (1999), estimaron una correlación genética de 0,06 entre peso del vellón sucio y color medido como Y-Z.

Estudios realizados por Wilkinson y Aitken (1985), con Corriedale, Merino y Romney encontraron una correlación fenotípica positiva entre el peso de vellón sucio y la susceptibilidad al amarillamiento, pero la correlación fenotípica entre el peso de vellón limpio y la susceptibilidad al amarillamiento no fue significativa. Las correlaciones genéticas con la susceptibilidad al amarillamiento, en cambio, se estimaron en:  $0,41\pm 0,35$  para el peso del vellón sucio y en:  $0,71\pm 0,35$  para el peso del vellón limpio. En Merino Australiano Raadsma y Wilkinson (1990), reportaron bajas correlaciones fenotípicas entre color y peso del vellón, y una correlación genética mediana ( $r= 0,27$ ) entre color medido por Y-Z y peso del vellón sucio.

Es importante resaltar que según estos resultados, cualquier disminución en el Y-Z es contraproducente para la selección a favor del peso del vellón, y en el caso que se desee mejorar el color en esta raza los impactos de un posible plan de selección

genética sobre el peso del vellón deben ser cuidadosamente cuantificados, particularmente en la raza Corriedale que es donde más evidencias negativas de magnitud se encontraron.

- **Resistencia de mecha**

La relación entre resistencia de mecha y color ha sido poco estudiada, entre otras cosas, por el costo de medir la resistencia de la mecha. Reid (1998), trabajando con ovinos de raza Romney, no encontró diferencias en la susceptibilidad al amarillamiento entre líneas seleccionadas por alta o baja resistencia de mecha.

- **Largo de mecha**

En estudios nacionales realizados con la raza Corriedale se reportan asociaciones positivas entre color y largo de mecha; mostrando los animales con menor crecimiento de mecha valores menores de Y-Z, frente a los de mecha larga, lo que sugiere que la humedad se mantiene más tiempo en las mechas de mayor longitud, predisponiéndose el amarillamiento de la lana (Neimauro y col., 2009).

Estos resultados son consistentes con los encontrados en razas de lana gruesa (Romney, Perendale, Coopworth, cruza) por Bray y Smith (1999), en las que se realizan más de una esquila por año. Wuliji y col. (1993), también observaron en majadas Romney que el color (medido como Y-Z) fue mayor en verano cuando los animales tenían mecha larga y mínimo en otoño, con mecha más corta. Reid (1998), trabajando con las razas Coopworth, Perendale y Romney, encontró mayor predisposición al amarillamiento en muestras de lana larga en verano, frente a muestras de lana corta tomadas durante en invierno. El autor realizó un seguimiento de las esquilas realizadas en Nueva Zelanda desde 1987 hasta 1994, y asocia la relación entre largo y color a la época de la esquila, ya que de manera consistente la lana esquilada en verano, de mayor largo que la esquilada en invierno, tendió a mostrar valores de Y-Z mayores que la lana esquilada en otoño.

En Merino Australiano, Morley (1955), encontró una correlación fenotípica negativa ( $r = -0,43$ ) entre largo de mecha y color medido subjetivamente; mientras que Rogan (1989), como la mayoría de los autores revisados reporta valores positivos de: 0,4.

- **Rendimiento al lavado**

Wilkinson y Aitken (1985), encontraron una correlación fenotípica alta y negativa ( $r = -1,00 \pm 0,54$ ) entre el rendimiento al lavado y la susceptibilidad al color en las razas Merino, Corriedale y Romney. Mientras que Rogan (1989), señala correlaciones también negativas, pero medias:  $r = -0,5$ . Sin embargo, Bray y Smith (1999), no encontraron relación entre estas dos características en ovinos Romney y otras razas de lana gruesa.

Por el contrario, en la raza Corriedale, Benavides y Maher (2000), estimaron una correlación genética positiva entre rendimiento y color (medido como Y-Z) de:  $0,36 \pm 0,25$ . En este mismo trabajo la correlación genética no fue significativa



( $r=0,09\pm 0,06$ ), mientras que entre rendimiento al lavado y color subjetivo la correlación genética fue negativa y media ( $r= -0,25\pm 0,22$ ) al igual que la fenotípica ( $r= -0,27\pm 0,06$ ).

Raadsma y Wilkinson (1990), trabajando con Merino Australiano, encontraron bajas correlaciones entre rendimiento al lavado y color medido subjetiva u objetivamente, excepto para la correlación genética con el color medido como Y-Z ( $r=-0,45$ ). Por su parte Morley (1955), estimó una correlación fenotípica de 0,31 entre rendimiento y color medido subjetivamente en la misma raza.

Un alto rendimiento del vellón refleja poca cantidad de suarda, es decir, menor protección de las fibras frente a factores ambientales adversos (Aitken y col., 1994). Sin embargo, las grandes diferencias encontradas entre las correlaciones estimadas en los distintos experimentos no sugieren una relación clara entre color y rendimiento al lavado.

- **Características de calidad de apreciación subjetiva**

Otras características medidas en la lana sucia son: toque, carácter, grosor de las mechas y entrecruzamiento de fibras. El toque se refiere a la suavidad o aspereza del vellón y es un buen indicador indirecto del diámetro de fibras. El carácter es el grado de definición del rizo y las variaciones en su frecuencia, mide una serie de factores como la regularidad y repetibilidad del rizo a lo largo de la mecha. El grosor de mecha se mide a partir de varias mechas en un vellón e indica el espesor de las mismas. El entrecruzamiento se refiere a la separación de las mechas. Estas características de apreciación subjetiva son indicativas de otros caracteres del vellón de importancia económica (Lipson, 1978).

Según Bray y Smith (1999), la correlación fenotípica entre color (medido como Y-Z) y estas características subjetivas es baja en razas Romney, Perendale, Coopworth y cruza. También en Merino Australiano, Morley (1955) encontró correlaciones genéticas entre medianas a bajas entre color medido subjetivamente y carácter ( $r= 0,18$ ), toque ( $r= 0,31$ ) o lana en la cara ( $r =0,10$ ).

Las bajas correlaciones estimadas entre color y las características subjetivas pueden explicarse por la poca variabilidad de las mismas en los animales estudiados. Con una mayor variabilidad se pueden encontrar asociaciones que pasan desapercibidas en este estudio. Además, como lo indica la propia medición de estas características, la influencia del observador es muy importante y es difícil estandarizar criterios de medición consistentes. .

#### **5.4- ASOCIACIÓN ENTRE COLOR Y RESISTENCIA/SUSCEPTIBILIDAD AL “FLEECE ROT”.**

El color de la lana medido subjetivamente fue una de las primeras características observadas para asociar con la susceptibilidad al “fleece rot”, y una de las más relevantes según ha sido demostrado en distintos estudios. Paynter (1961, citado por McGuirk y Watts, 1983), trabajando con Merino Australiano, reporta

correlaciones fenotípicas entre color subjetivo y susceptibilidad al “fleece rot” de 0,52. McGuirk y Atkins (1980, citado por Raadsma y Wilkinson, 1990), con Merino Australiano, señalan correlaciones fenotípicas más bajas entre ambos caracteres ( $r=0,28$ ). Por el contrario, Raadsma y Wilkinson (1990) con Merino Australiano reportan valores de correlación fenotípica extremadamente bajos ( $r=0,08$ ); no así para la correlación genética que fue de signo negativo ( $r= -0,26$ ). Estudios realizados por James y col. (1989) con South Australian Merino reportan valores de correlación fenotípica entre 0,21 y 0,31según la edad de los animales.

El color removible presente en la lana sucia se cree es producido por pigmentos del sudor de la suarda, y debido a esta asociación, interpretan la alta relación entre color de lana subjetivo y susceptibilidad al “fleece rot” reportado por algunos de los trabajos revisados. Esta explicación se ve fortalecida al no observarse una correlación significativa entre susceptibilidad al “fleece rot” y el color de lana limpia como Y-Z (James y col., 1989). Sin embargo, en ovinos Merino Australiano, Raadsma y Wilkinson (1990), señalan valores de correlación genética entre Y-Z y susceptibilidad al “fleece rot” de 0,66, aunque la correlación fenotípica registrada por estos autores, concuerda con otros estudios ( $r= 0,12$ ).

La relación entre color y “fleece rot” se basa en que ambos son afectados por las mismas condiciones ambientales (Raadsma y Wilkinson, 1990). Para que el agua de lluvia difunda y penetre hasta el nivel de la piel las fibras deben tener determinada densidad y nivel de compactación, lo que hace que vellones con lana resistente al amarillamiento bajo condiciones normales, al ser expuestos a condiciones de lluvias más intensas manifiesten alteraciones de color y puedan incluso llegar a presentar “fleece rot” (Lipson, 1978).

Los vellones resistentes al “fleece rot” tienen mayor contenido de cera, menor contenido de sudor, mayor relación cera/sudor y mayor relación entre fibras secundarias y primarias (Lipson y col., 1982; McGuirk y Watts, 1983), que son las mismas características compartidas por los vellones resistentes al amarillamiento (Winder y col., 1998b).

La relación que existe entre la susceptibilidad al “fleece rot” y el color, principalmente las altas correlaciones genéticas estimadas con el color de lana sucia, hace posible adoptar un programa de selección genética contra incidencia de “fleece rot” utilizando el color como criterio de selección (Raadsma y Wilkinson, 1990).

## **6-MEJORA GENÉTICA ORIENTADA HACIA EL COLOR. JUSTIFICACIÓN DE LA MISMA**

La mejora genética orientada hacia el color de la lana es difícil dada la alta variabilidad en la expresión del color entre y dentro de las majadas, y la ausencia de datos consistentes de las asociaciones entre susceptibilidad al amarillamiento o color de lana limpia con distintas características del vellón (Wilkinson y Aitken, 1985).

De los estudios sobre color reportados no surge una causal o asociación definida que sea determinante del amarillamiento de la lana. Wilkinson (1981) propone las siguientes razones:

- Los estudios se llevaron a cabo en distintas razas y líneas genéticas, cuyas variaciones inherentes en las características del vellón pueden falsear los resultados. Por esto se hace necesario considerar cada raza por separado.
- En cada estudio la influencia del clima debe ser considerada como un factor relevante, y esto genera gran variabilidad en los resultados según localidad y estación de muestreo.
- La estructura del vellón y sus características subjetivas son de difícil medición y análisis, y la interacción entre el vellón y el medio ambiente es altamente dependiente de la arquitectura del vellón, de la estación y del largo de mecha, además de la intensidad y frecuencia de las lluvias, lo que la hace muy variable.
- Los cambios naturales de color no siempre se dan, por lo que en vellones susceptibles puede no detectarse alteración del color al no haber sido sometidos al desafío ambiental.
- Muchos de los ensayos revisados son estudios poblacionales, en los que se analizan los vellones luego del cambio de color, por lo que las diferencias observadas incluyen el color alterado, y algunas variables pueden modificarse como consecuencia al amarillamiento y ser confundida con una causal.
- Se aplican técnicas y criterios distintos para la medición de las variables.

La selección genética para una característica depende principalmente de la expresión de la misma. Según la caracterización de la lana producida por la raza Corriedale realizada por Capurro (1996) en Uruguay se observa que existe alta variabilidad del color, lo que indica que hay lugar para realizar selección genética.

Para realizar selección directa sobre el color, el principal problema encontrado es la cría de los carneros en condiciones extremadamente favorables, ya que no son sometidos a factores ambientales que pueden alterar la expresión del color del vellón. Por lo tanto, previo al momento de selección los animales a estudiar deberían ser criados en condiciones similares a las comerciales, a pastoreo extensivo y expuestos a las condiciones de temperatura, lluvia y humedad toleradas normalmente por las majadas, ya que si la expresión del color no es evidente al momento de la esquila la selección no es posible (Benavides y Maher, 2000). Alternativamente, se propone realizar el desafío frente a condiciones ambientales extremas in vitro, midiendo la expresión del YPC en los vellones (Reid, 1998).

Factores de manejo como la fecha de esquila y otras variables ambientales pueden enmascarar la expresión del color, siendo la respuesta individual de los animales a las diferentes condiciones ambientales difícil de cuantificar (Benavides y Maher, 2000). No se ha encontrado investigación reciente respecto a la respuesta en condiciones de laboratorio, aunque podría resultar en una alternativa para la selección. Sabiendo que la expresión del color depende tanto de la susceptibilidad inherente de los vellones al amarillamiento como de la exposición a las condiciones ambientales que producen los cambios de color, la medida del color previo al desafío no aporta información sobre la verdadera susceptibilidad al amarillamiento de la lana (Reid, 1998).

El criterio de selección debe ser medido de forma objetiva por los triestímulos X, Y y Z, proponiéndose el uso de la evaluación subjetiva del color como un primer paso dentro de la selección genética, descartándose su uso como criterio de selección. Considerando que la correlación genética entre color de lana sucia y de lana lavada es baja, si se realiza selección genética tomando el color de la lana sucia como carácter de selección se mejorará la apariencia subjetiva del vellón, pero no asegura el mejoramiento del color de la lana limpia. Por el contrario, realizando selección a favor del color limpio se puede obtener un progreso genético en el color de la lana que no necesariamente se vería expresado en el color del vellón apreciado subjetivamente (Pattinson y Whiteley, 1984).

Las variaciones observadas entre las estimaciones de heredabilidad para color medido objetivamente y subjetivamente revisadas anteriormente, pueden deberse a diferencias en el ambiente dadas por los diversos climas observados en las localizaciones de estos estudios. La lana tiende a tener un color más amarillo en ambientes cálidos y húmedos. Debido a esto, la selección genética directa basada en la medición de color en lana limpia no resultaría completamente efectiva, dadas las variaciones anuales y locales que se observarían en las majadas (Wilkinson y Aitken, 1985; Benavides y Maher, 2002).

El progreso genético obtenido por selección directa contra color medido objetivamente se estimó en  $-0,13 \pm 0,22$  Y-Z/año, según estudios de Benavides y Maher (2000) realizados en Corriedale. Estos resultados son un reflejo de la heredabilidad encontrada para esta característica ( $0,27 \pm 0,13$ ), por lo que se debe considerar que a una menor heredabilidad estimada, el progreso genético disminuirá considerablemente. Como desventaja la selección directa representa una pérdida en peso de vellón limpio de 0,07 kg/año.

La selección indirecta contra un parámetro correlacionado con el color sería la estrategia correcta para realizar mejora genética en las majadas, especialmente en zonas cálidas y húmedas en el que el color de los vellones puede tener distinta expresión según factores ambientales (Benavides y Maher, 2002).

La selección indirecta adecuada requiere de la existencia de una característica con alta heredabilidad, fuertemente relacionada al color de la lana, que pueda ser medida en cualquier momento de la vida del animal de forma simple y poco costosa, y que a su vez tenga gran variabilidad de expresión. Además es deseable que este criterio no esté correlacionado negativamente con otras características de importancia económica (McGuirk y Watts, 1983; Wilkinson y Aitken, 1985).

Un gran número de características del vellón se han asociado al amarillamiento de la lana pero no se consideran adecuadas para realizar selección indirecta porque las correlaciones no son consistentes (Wilkinson y Aitken, 1985). Estudios realizados en Corriedale por Benavides y Maher (2002), sugieren que realizando selección indirecta en contra del color por Y-Z utilizando caracteres como color por score o el test de incubación se obtiene un progreso genético menor que realizando selección directa. Particularmente, utilizando el color de lana medido subjetivamente como parámetro de medición indirecta el progreso genético anual resulta un 49% menor que realizando selección directa. Utilizando el YPC el progreso genético se reduce en un 51%, lo que se debe a que la heredabilidad reportada del YPC es baja ( $h^2=0,16\pm0,10$ ), a pesar de la estimación alta de la correlación genética entre YPC y color de lana limpia.

Sin embargo, la selección indirecta en contra del color utilizando caracteres de importancia productiva puede resultar más conveniente. Se observa que la selección en contra del peso del vellón limpio y sucio, y principalmente contra el diámetro promedio de fibras, resultarían en la una reducción de los valores de Y-Z de la lana. Benavides y Maher (2002) en Corriedale estiman un incremento del progreso genético de un 7% y un 44% respecto a la selección directa en contra el color utilizando peso del vellón limpio y diámetro de fibras respectivamente como criterio de selección. Es decir, realizando selección en contra del diámetro promedio, como se realiza habitualmente en muchos programas de selección genética, se obtendría un mayor avance en el color de la lana que realizando selección directa en contra de este carácter.

Es de importancia reafirmar que la selección en contra del color resultará también en la disminución del diámetro de fibra promedio, una característica deseada, pero también en la disminución del peso del vellón, lo que puede repercutir negativamente en el valor económico de la lana, especialmente en razas de lana media como Corriedale, en las que el peso del vellón es de alta importancia productiva (Benavides y Maher, 2002). Contrariamente, puede suponerse que la selección a favor de un mayor peso de vellón ha contribuido negativamente al color en las majadas.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Estudio del color amarillo de la lana de dos majadas Corriedale durante un año y su relación con otras características de interés productivo y de apreciación subjetiva.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1- Evaluar el color de la lana limpia medido objetivamente en ovinos de dos majadas Corriedale.
- 2- Analizar la asociación entre color medido objetivamente y características de medición subjetiva del vellón.
- 3- Analizar la asociación entre color medido objetivamente y otras características de medición objetiva del vellón.

## **HIPÓTESIS**

De acuerdo a la información recabada en la revisión bibliográfica, se pueden formular una serie de hipótesis sobre los resultados que se obtendrán:

- De acuerdo al promedio nacional, esperamos encontrar un color Y-Z promedio de 4,2 (1,4-7,3) y una luminosidad Y de 58,7 (52,9-63,0).
- Existe una relación entre color subjetivo y color medido como Y-Z.
- Existe una correlación fenotípica positiva entre color medido como Y-Z, diámetro promedio de fibra y peso de vellón.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **ANIMALES A UTILIZAR**

Las Facultades de Agronomía y Veterinaria poseen majadas experimentales de la raza Corriedale en la Estación Experimental (EE) “Bernardo Rosengurtt” en Bañado de Medina (Cerro Largo) y en la Estación Experimental (EE) N°1 en Migués (Canelones), respectivamente. Todos los animales estaban identificados individualmente. El manejo realizado se ajustó a un sistema productivo tradicional, de pastoreo mixto con bovinos sobre pasturas naturales. La esquila se realizó al mismo momento en ambas majadas, en noviembre del año 2011, y se realizó también el acondicionamiento de los vellones utilizando Grifa Celeste

Adicionalmente se tomaron las medidas pluviométricas durante los 12 meses anteriores a la esquila en la EE de Migués y en la EE de Bañado de Medina. La majada de la EE de Migués estuvo compuesta por 300 ovejas de cría, 100 borregos y 100 borregas de dos dientes aproximadamente. Se muestrearon todas las borregas dos dientes de la majada (102 animales) y un grupo de 106 ovejas adultas de 2 a 6 años seleccionadas al azar, obteniéndose un total de 208 muestras de la EE de Migués. La majada de Bañado de Medina estaba compuesta de manera similar: una majada de cría de 400 ovejas, 200 borregos y 200 borregas, muestreándose al azar 162 borregas dos dientes. En ambas majadas se realizó la esquila de los corderos. El total de animales muestreados fue de 370 hembras.

### **TOMA DE MUESTRAS**

Las muestras de lana se tomaron de la zona media del costillar en el momento de la esquila y se guardaron en una bolsa de plástico conteniendo la identificación del animal y el peso del vellón sucio registrado también durante la esquila.

### **PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS DE LANA**

La preparación de las muestras y las mediciones se realizaron en el Laboratorio de Lanos de la Cátedra de Ovinos y Lanos de la Facultad de Veterinaria. El lavado de la lana se realizó con el menor tiempo de espera posible luego de la esquila, para evitar que ocurrieran alteraciones del color durante el almacenamiento. Se tomaron sub-muestras de 100 g de lana sucia y se colocaron en bolsas de malla para su lavado. El lavado de las muestras se realizó en un tren de lavado de 4 piletas, con agua caliente y un detergente no iónico diluido al 25% en las tres primeras piletas. En el Cuadro 5 se presenta la temperatura y las diferentes concentraciones del detergente en las diferentes piletas. Las muestras procedentes de cada animal se colocaron en bolsas de malla que se mantuvieron sumergidas 3 minutos en cada pileta. Finalizado el lavado se centrifugaron las bolsas para eliminar el exceso de agua.

Cuadro 5. Temperaturas y detergente de cada pileta

Pileta	Temperatura	Detergente
1	65°C ±2	120cc
2	60°C ± 2	90cc
3	55°C ± 2	60cc
4	45°C ± 2	Sin detergente

El secado se realizó en estufa de aire forzado a una temperatura de 60°C durante 2 horas, seguidas por una hora a 105°C. Las muestras fueron acondicionadas en el laboratorio durante 12 horas a 20°C±2 y a 65%±2 de humedad.

## **MEDICIÓN OBJETIVA DEL COLOR**

La medición objetiva del color se realizó por colorimetría en el equipo HunterLab MiniScan XE, utilizando la norma IWTO-56 para lana limpia. Se cardaron muestras representativas de lana lavada para eliminar tierra y materia vegetal. En condiciones de acondicionamiento se tomaron muestras de 3,6g±0,1, se midieron 4 veces los triestímulos Y, X y Z en el colorímetro, y se promediaron. Los valores de triestímulos se midieron según la escala D65/10°, pero se expresaron en valores C/2° luego de realizar una conversión a partir de los mismos.

Las variaciones entre instrumentos se redujeron mediante el uso de azulejos para la calibración de los mismos, en un sistema basado en la CIE (Baxter, 2001). El espectrofotómetro fue calibrado de acuerdo a procedimientos estandarizados, por lo menos una vez cada 8 horas de funcionamiento. Una validación de la calibración fue realizada por Lindsay (1996).

## **OTRAS MEDICIONES OBJETIVAS**

En la muestra tomada del medio del costillar se realizaron las siguientes mediciones:

### Largo de Mecha (cm)

Se midió con regla el promedio del largo de 5 mechass tomadas al azar.

### Rendimiento al lavado- Peso de vellón limpio (PVL)

Se pesaron 100 g de lana sucia y se introdujeron en una bolsa de malla identificada. Se lavaron, secaron y acondicionaron según fue explicado anteriormente, a efectos de tomar los pesos de las muestras en condiciones estándares. Se pesaron las muestras acondicionadas, se corrigió por humedad y se calculó el PVL.

### Diámetro promedio

Se cardaron sub-muestras de lana lavada y acondicionada, se pesaron 2,5g y se midió el diámetro promedio mediante el equipo de Air Flow según Norma IWTO-28.

### Resistencia de mecha.

Se separaron 5 mechass de una misma muestra de lana sucia y se midió la resistencia de cada mecha en función del grosor de la misma, colocando sus extremos en las mordazas del equipo Agritest, según la Norma IWTO-30. La



resistencia se calculó a partir del promedio de las 5 mechas, en unidades Newtons/kilotex (N/ktex).

## **MEDICIONES SUBJETIVAS**

Se evaluaron subjetivamente muestras de lana sucia mediante un escore de 1 a 5, siendo 1 el valor máximo y 5 el mínimo, de las siguientes características, utilizando el “Visual Sheep Scores” desarrollado por la Australian Wool Innovation Ltd (AWI, 2013) y para algunas características el utilizado por Crook y col. (1994).

### Toque:

1. Muy suave
2. Bastante suave
3. Ni muy suave ni muy áspero
4. Bastante áspero
5. Muy áspero

### Carácter: grado de definición del rizo y las variaciones en la frecuencia del rizo.

1. Rizo bien definido, sin variaciones a lo largo de la mecha.
2. Rizo bien definido, pero con variaciones en la frecuencia o definición a lo largo de la mecha.
3. Rizo visible, pero de frecuencia o definición inconsistente a lo largo de la mecha.
4. Áreas de la mecha con rizo no visible presentando grandes variaciones en la frecuencia o en la definición del rizo a lo largo de la mecha.
5. Rizo no visible en amplias áreas de la mecha y sin definición.

### Grosor de las mechas:

1. Mechas muy fina (menos de 5 mm)
2. Mechas finas (5 a 10 mm)
3. Mechas de 10-20 mm
4. Mechas de 20 – 30 mm
5. Mechas de 30 – 50 mm

### Entrecruzamiento de las mechas

1. Mechas separadas
2. Bastante separadas
3. Visibles, pero algo entrecruzadas
4. Visibles y muy entrecruzadas
5. No se visualizan mechas

### Color de la lana sucia

1. Blanca
2. Cremosa
3. Muy cremosa
4. Levemente amarilla
5. Amarilla

## **ANÁLISIS DE LOS DATOS**

Los datos se analizaron por el programa estadístico Stata (StataCorp, 2012). Los datos recogidos se caracterizaron a través de estadísticas descriptivas (medidas de tendencia central como media y mediana y de dispersión tales como desvío estándar).

La población del ensayo no está equilibrada por edades, en la EE de Migueles se muestrearon 102 borregas, y 106 ovejas, mientras que en la EE de Bañado de Medina sólo se muestrearon borregas (n=161). En consecuencia, se realizó un test de Student para comparar las dos poblaciones por edades (borregas vs. ovejas de la EE de Migueles) y por origen (borregas de la EE de Migueles vs. borregas de la EE de Bañado de Medina), para evaluar si las diferencias encontradas para las variables continuas son significativas.

Para analizar las variables categóricas, separadas cada una en escores, se realizó un análisis de varianza de una vía. Posteriormente, se realizó un test de Bonferroni para detectar si la diferencia entre los escores es significativa.

En el cálculo de las correlaciones fenotípicas se realizaron correlaciones simples entre las variables continuas.

## RESULTADOS

Se realizó la caracterización de las variables de interés productivo de medición objetiva estudiadas en el presente experimento para el total de los animales muestreados. En el Cuadro 6 se presentan las estadísticas descriptivas para todas las variables continuas analizadas.

Cuadro 6. Características de interés productivo de los ovinos de las majadas experimentales

Variable	n	Media	Desvío estándar	Mínimo	Máximo
PVS (kg)	370	3,08	0,60	1,50	4,75
PVL (kg)	369	2,42	0,50	1,16	3,94
Diámetro ( $\mu$ )	370	27,07	3,38	20,31	39,45
Rendimiento (%)	369	78,7	4,4	62,8	92,8
Largo (cm)	370	11,4	1,2	7,8	14,9
Resistencia (N/ktex)	370	35,9	12,5	5,5	73,1
Y-Z	370	1,53	1,19	-0,84	7,05
Y	370	64,48	3,65	54,55	71,81

PVS=peso de vellón sucio

PVL=peso vellón limpio

Se observa que el Y-Z fue bajo, con muy alta variabilidad, entre -0,84 y 7,05. Sin embargo, como la población no está equilibrada lo más correcto para realizar el análisis según origen entre las dos majadas de las distintas EE, es analizar los datos de borregas, sin incluir las ovejas. Los resultados para las distintas variables continuas discriminados por EE se presentan en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Características de interés productivo de las borregas según origen (n=263)

Variable	EE Bañado de Medina (n=162)		EE Migués (n=102)		P
	Media	Desvío estándar	Media	Desvío estándar	
PVS (kg)	3,08	0,49	2,59	0,42	**
PVL (kg)	2,40	0,37	2,03	0,36	**
Diámetro ( $\mu$ )	25,30	2,17	26,00	2,52	**
Rendimiento (%)	78,0	4,5	78,7	4,3	ns
Largo (cm)	11,5	1,2	11,3	1,1	ns
Resistencia (N/ktex)	35,2	10,5	29,4	9,8	**
Y-Z	1,95	1,14	1,33	0,95	**
Y	64,08	3,24	64,84	4,51	ns

\*\* P<0.01

ns no significativo

Comparando las borregas de las majadas de las EE se observa que para algunas características, como rendimiento, largo de mecha y luminosidad, no hay diferencias significativas entre las dos majadas. Sin embargo, se encontraron diferencias significativas (P<0,01) entre los PVS, PVL, diámetros, resistencias y color como Y-Z

entre las dos majadas. El peso de vellón, tanto limpio como sucio, resultó mayor en la EE Bañado de Medina, lo mismo que la resistencia y el color como Y-Z, mientras que el diámetro promedio fue mayor en la EE de Migues.

Para realizar el análisis según la edad, se consideraron solamente los animales de la EE de Migues, donde se muestreó más de una categoría de hembras. Los resultados se presentan en el Cuadro 8.

**Cuadro 8.** Características de interés productivo de la población en la EE de Migues según edad (n=208)

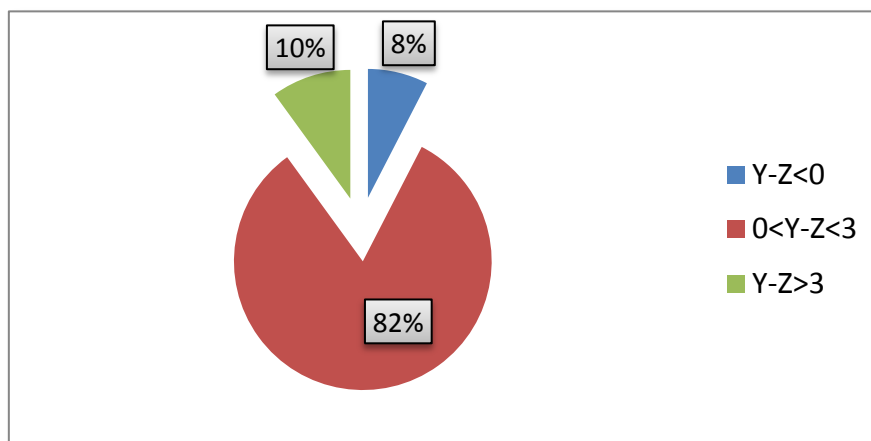
Variable	Borregas (n=102)		Ovejas (n=106)		P
	Media	Desvío estándar	Media	Desvío estándar	
PVS (kg)	2,59	0,42	3,56	0,49	**
PVL (kg)	2,03	0,36	2,84	0,46	**
Diámetro ( $\mu$ )	26,00	2,52	30,80	2,58	**
Rendimiento (%)	78,7	4,3	79,5	4,1	ns
Largo (cm)	11,3	1,1	11,3	1,2	ns
Resistencia (N/ktex)	29,4	9,8	43,4	13,6	**
Y-Z	1,33	0,95	1,09	1,25	ns
Y	64,84	4,51	64,77	3,28	ns

\*\* P<0.01

ns no significativo

No se observan diferencias significativas entre los valores de resistencia, largo de mecha, Y o Y-Z por edad. El PVS y el PVL fue mayor (P<0,01) en las ovejas, lo mismo que el diámetro y la resistencia.

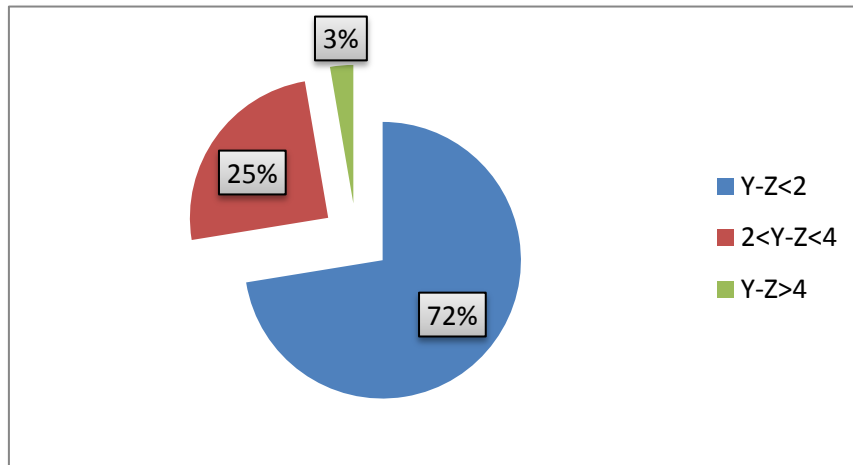
Para una mejor visualización de la composición del color de las majadas, se categorizaron los valores de Y-Z en tres grupos: menor a 0, entre 0 y 3, y mayor a 3, definidos según el método IWTO-56. La lana con Y-Z menor a 0 es lana muy blanca, entre 0 y 3 tiende a ser blanca, y mayor a 3 es cremosa-amarilla, y es considerada de color pobre (Capurro, 1996). Los resultados se presentan en la Figura 12.



**Figura 12.** Porcentaje (%) de muestras en las categorías de color: Y-Z<0, 0<Y-Z<3, Y-Z>3.

Se observa que la mayoría de las muestras ( $n=305$ ) se encuentran entre los valores 0 y 3 de Y-Z, mientras que los valores de color extremo, tanto bajos como altos, están en proporción similar y baja ( $n=28$  para  $Y-Z<0$  y  $n=37$  para  $Y-Z>3$ ).

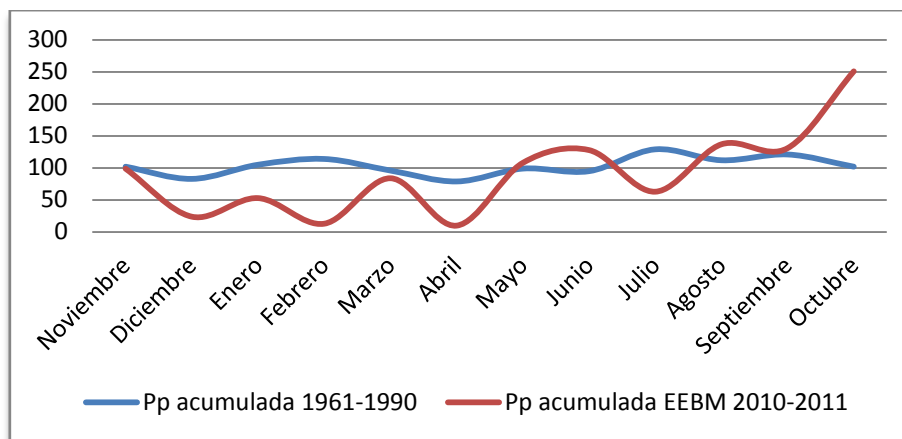
Otra clasificación, esta vez según parámetros de la industria, indica que para la raza Corriedale valores de Y-Z menores a 2 son muy buenos, entre 2 y 4 aceptables y mayores a 4 insuficientes, habiendo bonificaciones o descuentos en los mercados internacionales según la categoría en que se encuentran los tops (Peinado y col., 1999). Los resultados se muestran en la Figura 13.



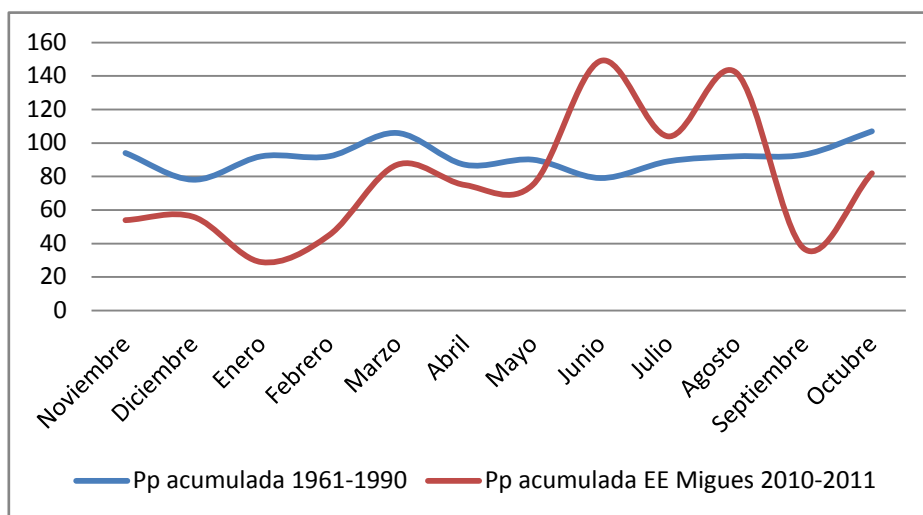
**Figura 13.** Porcentaje (%) de muestras en las categorías de color:  $Y-Z < 2$ ,  $2 < Y-Z < 4$ ,  $Y-Z > 4$ .

Se observa que la mayoría de las muestras ( $n=268$ ) se encuentran en la categoría de color muy bueno para los parámetros de la industria, mientras que un cuarto de las muestras ( $n=92$ ) son de coloración aceptable, y solamente 10 muestras (3%) son insuficientes. De estos 10 animales de coloración insuficiente, 6 fueron borregas y 4 ovejas, de ambas EE.

El color es altamente influenciado por factores ambientales, por lo que en las Figuras 14 y 15 se grafican las precipitaciones acumuladas por estación del año durante el verano del 2010 y el otoño, invierno y primavera del 2011, es decir, durante el crecimiento de la lana que fue muestreada en la esquila de noviembre del 2011, en la EE de Bañado de Medina y en la EE de Migués respectivamente, comparadas con el promedio de precipitaciones en las cercanías de las Estaciones entre 1961 y 1990 (DNM, 2013).



**Figura 14.** Precipitaciones acumuladas (mm) por mes en la EE de Bañado de Medina en el año 2010-11 (rojo) comparada con el promedio de precipitaciones en Melo (Cerro Largo) entre 1961-1991 (azul)



**Figura 15.** Precipitaciones acumuladas (mm) por mes en la EE de Migués en el año 2010-11 (rojo) comparada con el promedio de precipitaciones en Carrasco (Montevideo) entre 1961-1991 (azul)

En ambas Figuras se observa que en el verano del 2010 ocurrieron menos eventos de lluvias que el promedio regional de 30 años, mientras que el otoño del 2011 fue más lluvioso que el promedio, particularmente en la EE de Migués, no observándose diferencias en el invierno. Adicionalmente, en la EE de Bañado de Medina se observan importantes precipitaciones en el mes previo a la esquila.

Las correlaciones fenotípicas entre las características de medición objetiva se presentan en el Cuadro 9. Se marcaron con negro intenso las correlaciones significativas entre variables.

**Cuadro 9.** Correlaciones fenotípicas entre características de interés productivo del total de muestras (n=369)

	PVS	Rendimiento	PVL	Diámetro	Largo	Resistencia	Y-Z
Rendimiento	0,0349	-					
PVL	<b>0,959</b>	<b>0,310</b>	-				
Diámetro	<b>0,517</b>	<b>0,189</b>	<b>0,550</b>	-			
Largo	<b>0,239</b>	0,0822	<b>0,248</b>	<b>0,155</b>	-		
Resistencia	<b>0,322</b>	0,0845	<b>0,330</b>	<b>0,369</b>	<b>0,159</b>	-	
Y-Z	0,0596	-0,0663	0,0338	<b>-0,148</b>	0,0066	-0,0854	-
Y	-0,0611	-0,0887	-0,0858	-0,0269	0,0163	0,0157	0,0259

r>0,113 significativos al 5%

r>0,148 significativos al 1%

Se observa que las correlaciones entre los dos pesos, sucio y limpio, es alta (r= 0,959), y es mediana entre diámetro y PVS (r= 0,517) o PVL (r= 0,550). De la misma forma resultaron medianas las correlaciones entre resistencia y peso de vellón, (r= 0,322 con PVS y r= 0,330 con PVL). También fueron medianas las correlaciones entre resistencia y diámetro (r= 0,369) y entre rendimiento y PVL (r= 0,310), pero no resultó significativa (P>010) entre rendimiento al lavado y PVS. La correlación fenotípica entre el rendimiento y el diámetro fue baja (r= 0,189), al igual que las estimaciones entre resistencia y largo de mecha (r= 0,159), entre diámetro y largo de mecha (r= 0,155), largo de mecha con PVS (r=0,239) y PVL (r=0,248).

No se encontraron correlaciones fenotípicas significativas para color y las demás características, excepto una correlación baja y negativa entre diámetro y color (r=-0,148). Tampoco se encontró relación entre el índice de amarillamiento y luminosidad.

Conforme los grupos comparados no eran homogéneos, ya que en la EE de Migues había un número importante de ovejas, pero no en la EE de Bañado de Medina, la población no estaba equilibrada. Por esta razón se presentan en el Cuadro 10 las correlaciones entre las mismas características de interés productivo, pero solamente para las muestras de borregas de ambas EE.

**Cuadro 10.** Correlaciones fenotípicas entre características de interés productivo para borregas (n=262)

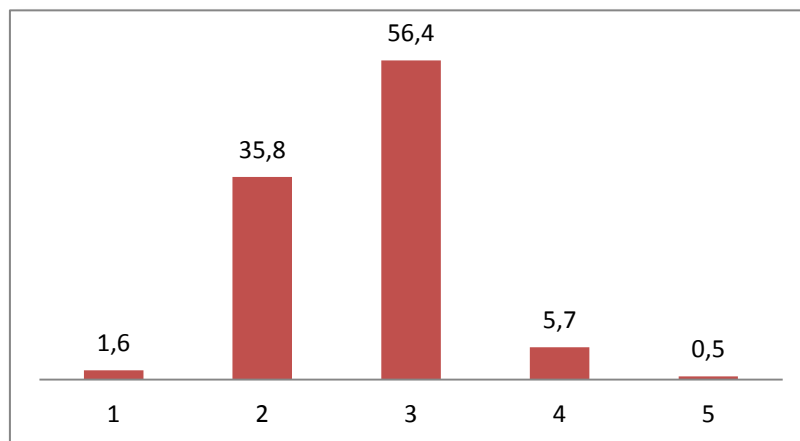
	PVS	Rendimiento	PVL	Diámetro	Largo	Resistencia	Y-Z
Rendimiento	-0,144	-					
PVL	<b>0,946</b>	0,179	-				
Diámetro	<b>0,215</b>	0,0985	<b>0,247</b>	-			
Largo	<b>0,260</b>	0,0618	0,0281	<b>0,241</b>	-		
Resistencia	0,164	0,0575	<b>0,182</b>	0,112	<b>0,214</b>	-	
Y-Z	<b>0,282</b>	-0,0976	<b>0,243</b>	0,112	0,0095	0,0729	-
Y	-0,0413	-0,0526	-0,0526	-0,0363	0,0538	0,0521	0,0483

r>0,138 significativos al 5%

r>0,181 significativos al 1%

En términos generales y a pesar de algunos cambios en la magnitud de la correlación (menor en este caso, producto del más bajo número de observaciones), no se encontraron resultados muy diferentes a los presentados en el Cuadro 9. La única excepción importante fue la correlación registrada entre color y peso de vellón ( $r= 0,282$  y  $r= 0,247$ , sucio y limpio, respectivamente).

En la Figura 16 se grafica la proporción de las muestras según el escore de color subjetivo. Se observa que los escores de los extremos (1 y 5) son los que tienen menor representación en la población (2,1%), y que la mayor parte de las muestras (92,2%) tienen un color subjetivo cremoso o muy cremoso (escores 2 y 3).



**Figura 16.** Porcentaje (%) de muestras según escore de clasificación de color subjetivo (n=369)

En el Cuadro 11 se presenta la variación del índice de amarillamiento según el escore de color subjetivo. Se observa que a medida que disminuye el escore el índice de amarillamiento también disminuye ( $P<0,01$ ). Ninguna muestra de los escores 1, 2 y 3 está por encima de  $Y-Z= 3$ , (se consideran de buen color), incluyendo estos escores la mayor parte de las muestras ( $n= 346$ ). Además, se observa que los vellones de escore 1 son los más difíciles de individualizar, ya que no solo tienen un menor número de muestras, sino que en promedio de  $Y-Z$  ( $0,91 \pm 0,63$ ) son significativamente iguales al promedio de  $Y-Z$  de los vellones de escore 2 ( $1,28 \pm 0,98$ ) y también al de los de escore 3 ( $1,55 \pm 1,11$ ).

Por el contrario, los vellones de escore 4 tienen un color cremoso ( $2,66 \pm 1,50$ ), aunque como los desvíos son amplios se puede encontrar lana de escore 4 que luego del lavado presenta un valor de  $Y-Z$  bajo. En cambio, las dos muestras encontradas de escore 5 son claramente distintas de las demás, aunque hay que considerar que este escore está muy poco representado en la población ( $n=2$ ).

No se encontró una variación de la luminosidad según el color subjetivo.

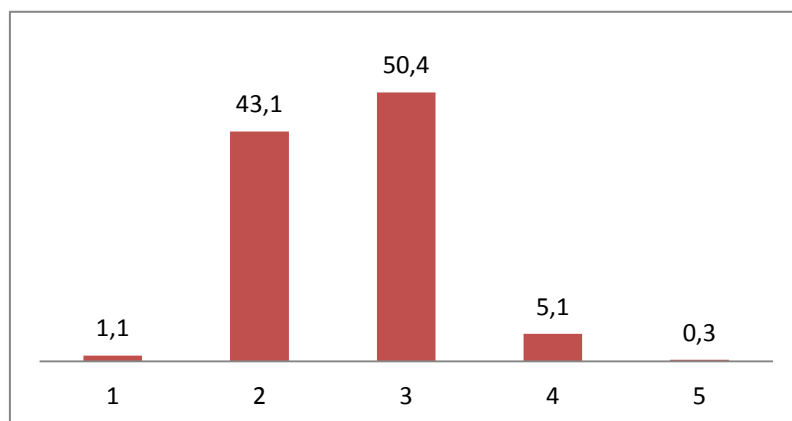


**Cuadro 11.** Variación del índice de amarillamiento según el escore de color subjetivo

Score	Y-Z	Desvío estándar	n
1	0,91 <sup>ab</sup>	0,63	6
2	1,28 <sup>a</sup>	0,98	132
3	1,55 <sup>b</sup>	1,11	208
4	2,66 <sup>c</sup>	1,50	21
5	6,50 <sup>d</sup>	0,78	2

Letras diferentes indican diferencias con  $P < 0,01$

La característica subjetiva de toque es un indicador indirecto del diámetro, a menor diámetro, mejor toque. En la Figura 17 se grafica la proporción de las muestras en función del toque de la lana. Se observa que la mayoría de las muestras (93,5%) presentan escore 2 y 3, mostrando un toque suave o mediano. Los escores 5 y 1 de nuevo estuvieron poco representados (1,4%).



**Figura 17.** Porcentaje (%) de muestras según escore de clasificación de toque (n=369)

En el Cuadro 12 se presenta la variación del índice de amarillamiento según el escore de toque, encontrándose una relación significativa ( $P < 0,01$ ) entre ambas características. Nuevamente, conforme mejora la expresión de la característica subjetiva, en este caso el toque, disminuye el índice de amarillamiento y por lo tanto mejora el color objetivo de la lana. Mientras que las categorías de escore 2 y 3 están bien diferenciadas con valores de Y-Z de  $1,33 \pm 1,02$  para los vellones con toque de escore 2 y de  $1,62 \pm 1,17$  para los vellones de escore 3, en las muestras con escores extremos no ocurrió lo mismo. Por el contrario, las muestras de escore 1 resultaron significativamente iguales a las de escore 2, 3 y 4, y la única muestra de escore 5 resultó claramente distinta de las demás muestras.

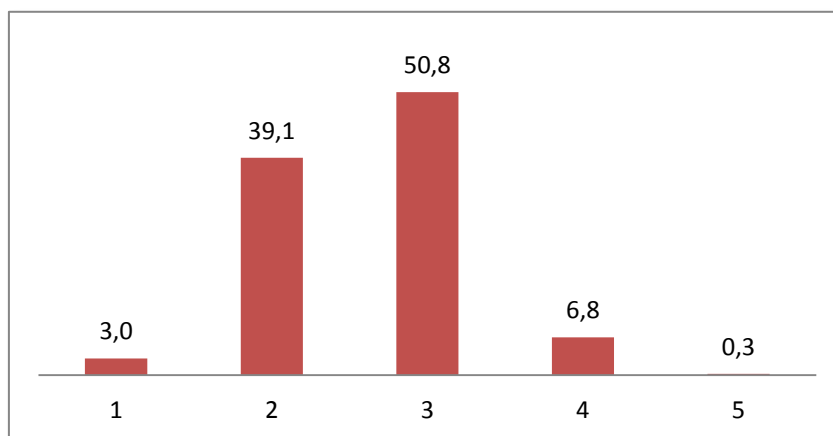
No se encontró ninguna relación entre toque e índice de luminosidad.

**Cuadro 12.** Variación del índice a amarillamiento según escore de toque

Score	Y-Z	Desvío estándar	n
1	1,38 <sup>ab</sup>	0,75	4
2	1,33 <sup>a</sup>	1,02	159
3	1,62 <sup>b</sup>	1,17	186
4	2,11 <sup>b</sup>	1,84	19
5	5,94 <sup>c</sup>	0,00	1

Letras diferentes indican diferencias con  $P < 0,01$

La proporción de las muestras según el escore de entrecruzamiento se grafica en la Figura 18. Se observa como la gran mayoría de las muestras (89,9%) se encuentran clasificadas en los escores 3 y 2, con mechas visibles, pero algo entrecruzadas o bastante separadas respectivamente. El resto de los escores estuvieron poco representados en la población (10,1%).



**Figura 18.** Porcentaje (%) de muestras según escore de clasificación de entrecruzamiento (n=366)

En el Cuadro 13 se presenta la variación del índice de amarillamiento según el escore de entrecruzamiento. Los resultados muestran que se puede apreciar una relación entre entrecruzamiento y el color como Y-Z, pero sólo al comparar la única muestra de escore 5 con el resto, siendo el Y-Z de esta muestra mayor que el promedio del resto de las muestras, mientras que para las demás muestras las diferencias entre los promedios de Y-Z no son significativas. De eliminarse el dato, se puede suponer no existe relación entre el índice de amarillamiento y el entrecruzamiento.

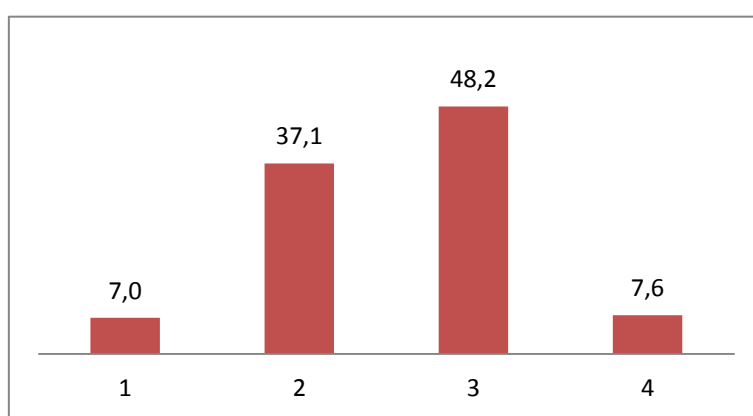
No se encontró variación de la luminosidad según entrecruzamiento.

Cuadro 13. Variación del índice de amarillamiento según escore de entrecruzamiento

Score	Y-Z	Desvío estándar	n
1	1,71 <sup>a</sup>	1,09	11
2	1,49 <sup>a</sup>	1,05	143
3	1,52 <sup>a</sup>	1,16	186
4	1,42 <sup>a</sup>	1,42	25
5	7,05 <sup>b</sup>	0,00	1

Letras diferentes indican diferencias con  $P < 0,01$

En la Figura 19 se grafica la proporción de las muestras clasificadas según el escore de carácter (1-5) en el total de la población. No se encontraron muestras de escore 5, clasificándose la mayoría de las muestras (85,3%) dentro de los escores 2 y 3.



**Figura 19.** Porcentaje (%) de muestras según escore de clasificación de carácter (n=366)

En el Cuadro 14 se describe la variación del índice de luminosidad según el escore de carácter. La asociación observada entre el carácter con la luminosidad no fue clara, ya que si bien los escores 2 y 3 resultaron claramente diferenciados entre sí (siendo de mejor carácter las lanas con mayor brillo), los escores 1 y 4 no fueron diferentes significativamente a los escores 2 y 3. Esas inconsistencias pueden deberse a la baja representación de los escores 1 y 4 y al desbalance en el número de muestras frente a los escores 2 y 3. No se encontraron variaciones del amarillamiento según el carácter.

Cuadro 14. Variación del índice de luminosidad según escore de carácter

Score	Y	Desvío estándar	n
1	64,01 <sup>ab</sup>	3,60	26
2	65,08 <sup>a</sup>	3,69	137
3	63,98 <sup>b</sup>	3,61	178
4	65,25 <sup>ab</sup>	3,41	28

Letras diferentes indican diferencias con  $P < 0,01$

## DISCUSIÓN

### EXPRESIÓN DEL COLOR

Las características de interés productivo de estas majadas se aproximan a los valores normales de la raza en Uruguay. El diámetro encontrado para las borregas de la EE de Bañado de Medina fue de  $25,30 \pm 2,17 \mu$ , y para las borregas de la EE de Miguez fue de  $26,00 \pm 2,52 \mu$ . Ambos valores son cercanos a los normalmente reportados para lana de borregos de raza Corriedale, de  $25,1 \mu$  (SUL, 2011), y pertenecen a la misma clasificación de los vellones (Cruza B). En las ovejas de la EE de Miguez el diámetro promedio fue de  $30,80 \pm 2,58 \mu$ , el cual también es cercano a los valores normales de la ovejas Corriedale, de  $30,1 \mu$  (SUL, 2011), y mayor al típicamente asociado a la majada Corriedale uruguaya, de  $28,2$  (Capurro, 1996).

El resto de las características son similares a los valores reportados para esta raza en Uruguay, destacándose el alto rendimiento ( $78,7 \pm 4,4\%$ ) y el largo ( $11,4 \pm 1,2$  cm). Capurro (1996) en su caracterización de la raza Corriedale reportó un rendimiento promedio de  $78\%$  y un largo de  $9,99$  cm. La resistencia es muy variable, siendo mayor en ovejas que en borregas (Cuadro 8) y mayor en Bañado de Medina que en Miguez (Cuadro 7). Las lanas con resistencia mayor a  $35$  N/ktex son de buena calidad, mientras que por debajo de los  $35$  N/ktex el rendimiento industrial disminuye al aumentar la cantidad de desperdicios y disminuir el largo. En Uruguay la raza Corriedale presenta una resistencia de  $33,1$  N/ktex (Capurro, 1996). Se observa que la resistencia de las ovejas muestreadas en la EE de Miguez es buena ( $43,4 \pm 13,6$  N/ktex), lo mismo que la de las borregas muestreadas en la EE de Bañado de Medina ( $35,2 \pm 10,5$  N/ktex), pero la resistencia de las borregas de la EE de Miguez fue baja ( $29,4 \pm 9,8$  N/ktex), lo que puede ser un signo de pobres condiciones de cría.

A diferencia del resto de las características de interés productivo los valores de Y-Z son menores a los esperados para esta raza en Uruguay. Se encontró que el color medido como Y-Z fue de  $1,53 \pm 1,19$ , sensiblemente menor al promedio nacional reportado por Capurro (1996) de  $4,2$  (entre  $1,4$  y  $7,3$ ), y que el observado por Neimaur y col. (2011) en la majada de la EE de Miguez de  $2,4$ . Al comparar las dos categorías ovinas muestreadas en la EE de Miguez se observa que no hay diferencias significativas en el índice de amarillamiento según edad. Se encontraron diferencias entre los índices de amarillamiento de las borregas en las dos EE, siendo mayor en Bañado de Medina ( $1,95 \pm 1,14$ ) que en Miguez ( $1,33 \pm 0,95$ ).

También se observa que en el ensayo el  $90\%$  de las muestras tienen un  $Y-Z < 3$  (Figura 12), es decir, un color aceptable. Si se compara con estudios de Abella y Preve (2008) realizados en esquilas anteriores (2002/3 hasta 2005/6), la mejor zafra resultó la del 2003/4 en la que el  $26\%$  de las muestras tuvieron  $Y-Z < 3$ . Adicionalmente, en la zafra 2005/06 Cardellino y col. (2007; citado por Abella, 2010) encontraron al  $38\%$  de las muestras con valores de  $Y-Z > 4$ , mientras que en este ensayo solo un  $3\%$  de las muestras presentan estos valores de color (Figura 13). En un ensayo realizado en la majada de la EE de Miguez en 2008 se tomaron muestras de 218 ovejas de cría, y se estimó el Y-Z en  $2,4$  (entre  $-0,9$  y  $12,3$ ), de las que el  $28\%$  de las muestras tuvieron  $Y-Z > 3$  (Neimaur y col., 2011). Aun considerando el hecho de que solamente se muestrearon dos majadas, el color de los vellones

mostró ser muy bueno, apto para los mercados de calidad. Esto está en contradicción con lo reportado en la bibliografía uruguaya que señala el problema del amarillamiento como uno de los principales de las lanas Corriedale.

La luminosidad estimada en el presente ensayo ( $Y=64,48\pm 3,65$ ) es mayor que la estimada de 58,7 (entre 52,9 y 63,0) en la majada Corriedale nacional (Abella, comunicación personal), y con el Y de 66,6 estimado por Neimaur y col. (2011) en la majada de la EE de Migués en animales esquilados en el año 2008. Según estos resultados, el color de las majadas muestreadas es muy bueno, especialmente comparado con valores reportados en la misma raza en Uruguay. Entre las posibles explicaciones del bajo color estimado en el ensayo se puede adjudicar importancia a los factores climáticos, siendo la temperatura y humedad durante el crecimiento de la lana los principales (Bray y Smith, 1999). Tanto la alta humedad como las altas temperaturas durante el periodo de crecimiento de la lana pueden causar amarillamiento en la lana, mientras que en condiciones secas se limita el desarrollo del color.

Al comparar los registros pluviométricos de las EE y cercanías con los promedios nacionales del período 1961-1990 (Figuras 14 y 15) se observa que el verano previo a la esquila fue más seco que el registrado habitualmente. Según estudios realizados por Sienra y col. (1987) en una majada Corriedale en la EE de Migués, el verano es la estación del año en la que ocurre la mayor parte del crecimiento de la lana, de 12 g/día, en comparación con el crecimiento invernal de 6 g/día en ovejas vacías. Wuliji y col. (1993) observaron el mismo patrón en ovejas y borregos de raza Romney en Nueva Zelanda. Se puede argumentar que las bajas precipitaciones durante la principal estación de crecimiento de la lana es una explicación posible del bajo color de la lana. El color amarillo se desarrolla por la acción conjunta de la humedad y temperatura, por lo que el efecto de un verano seco, que es la estación más cálida del año, no generaría que el vellón desarrolle el color amarillo. El año previo a la esquila fue seguido por un otoño lluvioso y un invierno normal, pero los efectos de estas precipitaciones podrían verse atenuados por las temperaturas ambientales frías. Además durante el verano es cuando los animales están más expuestos a los efectos ambientales y a la luz solar, ya que son los meses posteriores a la esquila realizada en estas Estaciones. Se observan altas precipitaciones durante la primavera, en el mes previo a la esquila, en la EE de Bañado de Medina, lo que puede ser la explicación de los mayores valores de Y-Z registrados en esta Estación ( $1,95\pm 1,14$ ) frente a los observados en la EE de Migués ( $1,33\pm 0,95$ ).

Otra posible razón de estos bajos valores de color es que sea de causa genética, aunque es poco probable dado que las majadas no están conectadas genéticamente, y en ambas sin distinción se encontraron estos bajos promedios en el color. Otro factor que puede haber influido en el bajo color es que las muestras se lavaron inmediatamente luego de la esquila, lo que no ocurre normalmente en el proceso industrial. El almacenamiento de la lana sucia afecta el color de la misma, en unos pocos meses los valores de Y-Z de las lanas Corriedale pueden aumentar de manera importante, especialmente si se almacenan en condiciones de alta humedad y temperatura. Sin embargo, en el ensayo de Neimaur y col. (2011), las muestras de lanas provenientes de la majada de la EE de Migués fueron lavadas inmediatamente del muestreo según el mismo protocolo que se siguió en el presente

ensayo, y se estimó el Y-Z en 2,4, aunque el promedio también fue menor que el reportado por Capurro (1996) de 4,2.

Para características sobre las que se hace selección, como peso de vellón y diámetro, la variabilidad encontrada dentro de estas majadas es limitada. Sin embargo, en color como Y-Z la variabilidad encontrada fue muy importante (entre -0,84 y 7,05), lo que es consistente con los resultados encontrados por Capurro (1996) en la raza Corriedale (entre 1,4 y 7,3). Esto indica que esta variable está siendo ignorada en las majadas estudiadas, y es un primer indicativo de que es posible realizar selección genética para mejorar el color.

El color no es una característica sobre la cual se selecciona, y en la cual existe mucha variabilidad dentro de una majada, por lo que unos pocos animales con color deficiente pueden causar la reducción de la calidad del lote. Esto hace necesario separar los vellones amarillos durante la esquila como de categoría I (inferior). Como factor extra, la coloración amarillo canario también puede extenderse hacia los otros vellones en la misma bolsa de esquila, transformando un problema de un vellón único a un problema mucho mayor. Sin embargo, algunos vellones de Y-Z elevada no son apreciables en el momento de la esquila, y no siempre se distinguen o son posibles de apartar del resto de los vellones.

Al comparar borregas y ovejas de la EE de Migués (Cuadro 8) se encuentra que no hay diferencias significativas respecto a la expresión del color según edad ( $P < 0,01$ ). El color aparenta ser una característica de expresión temprana, lo cual permitiría eliminar a animales con lana muy amarilla en la primera esquila. Esto concuerda con la repetibilidad media ( $R = 0,41$ ) estimada en una majada Corriedale en trabajos realizados en el centro de progenie de la raza por Gimeno y Preve (2011).

El color de la lana Corriedale uruguaya está considerado entre los principales problemas de calidad de las lanas uruguayas (Abella, 2010), aunque en nuestro ensayo encontramos que la mayor parte de la población tiene un color aceptable y tendiendo a bueno según los parámetros de la industria. Esto es indicativo de que existe un factor año que modifica el color de la lana, y puede ser posible que dada la falta de análisis objetivos sobre el color de los lotes no se tenga una correcta apreciación de la coloración de las lanas Corriedale.

## **CARACTERÍSTICAS OBJETIVAS**

La correlación fenotípica estimada entre diámetro y color como Y-Z fue de 0,112 para las borregas (Cuadro 10), baja y positiva, lo que no coincide con las correlaciones fenotípicas estimadas en esta raza por Benavides y Maher (2000), de  $0,26 \pm 0,05$  en condiciones de muestreo similares a las del presente ensayo, y por Reid y Botica (1995), de 0,45, que usaron un menor número de animales ( $n = 31$ ) en su estudio. Se ha encontrado que en las razas de menor diámetro, como la Merino Australiano, la correlación entre diámetro y color es mayor (Thompson, 1987). Otros ensayos en Corriedale indican que realizando selección buscando un menor diámetro de manera indirecta también se mejora el color (Benavides y Maher, 2002).

Al estimar las correlaciones a partir de la totalidad de las muestras la correlación entre diámetro y color es de -0,148, baja pero negativa (Cuadro 9). La gran

diferencia encontrada en la estimación de las correlaciones según si se toman todas las muestras o solo las contemporáneas indica que las correlaciones fenotípicas son débiles o inexistentes entre estos caracteres para estas majadas. Se hace necesario un diseño experimental que muestre majadas equilibradas, ya que la falta de una franja etaria en una de las EE puede sesgar los resultados de una manera imposible de cuantificar.

Se estimó la correlación fenotípica para borregas (Cuadro 10) entre PVS y Y-Z en 0,282, y entre PVL y Y-Z en 0,243. Estas correlaciones resultan mayores que las estimadas en estudios en la misma raza realizados por Benavides y Maher (2002), donde la correlación fenotípica entre Y-Z y PVS fue de  $0,13 \pm 0,05$  y entre Y-Z y PVL de  $0,16 \pm 0,05$ . La correlación entre peso y color desaparece cuando se estima a partir del total de animales (Cuadro 9), posiblemente porque las majadas no están equilibradas en su composición por edades. Como ya fue mencionado, la gran diferencia entre las correlaciones según la población que se toma para estimarlas indica que a pesar de ser correlaciones medianas y positivas, son débiles.

Según estos resultados, la selección a favor del color incidiría negativamente en el peso del vellón, lo cual es de alta importancia en la raza Corriedale. Consecuentemente, y dado que el peso de vellón es una de las características incluidas en los índices de selección de lana, no se puede descartar que al realizar selección a favor del peso del vellón se esté seleccionando indirectamente vellones más susceptibles al amarillamiento, aunque las correlaciones fenotípicas estimadas en este ensayo no permiten realizar esta afirmación.

Las correlaciones estimadas entre Y-Z y largo de mecha, resistencia y rendimiento son bajas, menores a 0,10, lo cual concuerda con otros estudios realizados en Corriedale; respecto al largo, Neimaur y col. (2009) encontraron una relación entre largo y color.

## **CARACTERÍSTICAS SUBJETIVAS**

Comparando la apreciación subjetiva del color de la lana sucia con la medición objetiva del color de la lana lavada (Cuadro 11), se observa que existe una relación entre ambas, pero esta asociación no es absoluta ya que existe gran variabilidad en el rango de color como Y-Z según score, y depende de manera importante del observador que hace la clasificación. El color subjetivo puede estar determinado únicamente por el color amarillo difuso removible, que le da a la lana una apariencia cremosa, producida por la oxidación de pigmentos de la suarda e influida por factores ambientales de alta humedad y temperatura, pero que es completamente removible al lavado industrial (Larrosa y Sienra, 1999). Sin embargo, la distinción durante la esquila entre un vellón con coloración removible y no removible es difícil de realizar, ya que el criterio de clasificación es inconsistente y hasta luego del lavado ambas coloraciones pueden ser similares (Cameron y Stobart, 2008).

Para implementar un sistema de clasificación subjetiva previo a la esquila, se requiere de personal altamente entrenado, y tampoco asegura que algunos vellones con color subjetivo de score altos resulten con Y-Z bajo después del lavado debido a la desaparición del color amarillo removible. Dado que la relación entre color de lana sucia y color de lana limpia no es consistente, y que existe coloración removible

al lavado, de ninguna manera se puede utilizar el color medido subjetivamente como criterio de selección indirecta en la mejora genética del color ni en la asignación de criterios de calidad a nivel industrial. La baja variabilidad de expresión del color subjetivo encontrado en las majadas estudiadas (Figura 16) y la baja repetibilidad de la medición, que depende de un solo observador, hacen altamente variables las estimaciones de correlación para el color subjetivo, como se ha encontrado en otros estudios en Corriedale (Benavides y Maher, 2002) y en Merino Australiano (Raadsma y Wilkinson, 1990).

Se encontró también una relación entre toque y color como Y-Z (Cuadro 12). Estos resultados son consistentes con apreciaciones realizadas en otras razas, que identifican a los vellones resistentes al amarillamiento con buen toque y color subjetivo blanco, mientras que los animales susceptibles tienen un toque áspero y un color más cremoso a la apreciación subjetiva (Wilkinson y Aitken, 1985). En Merino Australiano Morley (1955) estimó la correlación genética entre toque y color en 0,31. Sin embargo, lo mismo que ocurre con el color subjetivo, la medición del toque es altamente dependiente del operador, y no es un criterio confiable de clasificación indirecta del color. Respecto a la asociación entre el entrecruzamiento y el color (Cuadro 13) la principal diferencia se encontró entre una única muestra de score 5 y el resto de las muestras, por lo que si se elimina la muestra desaparece la asociación entre las variables.

Se encontró una asociación leve ( $P < 0,05$ ) entre carácter y luminosidad (Cuadro 14), que según la literatura no tienen relación. Sin embargo, la diferencia se encuentra entre las muestras de score 2 y 3, que son los más representados en la población (Figura 19), pero no se encuentran diferencias en carácter para los scores extremos.



## CONCLUSIONES

- El color como Y-Z fue en promedio  $1,53 \pm 1,19$ , el cual resulta muy bajo en comparación con los valores esperados en las majadas Corriedale uruguayas. Dentro de sus posibles causas podemos adjudicar al factor clima una mayor importancia, ya que el año estudiado tuvo un verano seco, siendo ésta la estación del año donde se constata el mayor crecimiento de la lana. Al carecer de estudios comparativos en varios años tampoco se puede observar si los bajos índices de amarillamiento se deben al efecto año o a particularidades de las majadas.
- No podemos descartar que en las majadas estudiadas existan animales susceptibles al amarillamiento que no expresaron esta coloración dado lo ventajoso de las condiciones climáticas. Una técnica para forzar a las muestras de lana a la expresión de su color bajo condiciones ambientales extremas es el test de incubación.
- Se encontró una relación entre color de lana como Y-Z y el color sucio medido subjetivamente, pero con un amplio rango de error, lo que hace dudoso su utilización como método de selección. Esta observación se aplica a las relaciones encontradas entre Y-Z e Y y el resto de las características de apreciación subjetiva (toque, carácter).
- En este ensayo no se encontraron características de importancia productiva que presenten alta correlación fenotípica con el color. Se estimó una correlación positiva y de mediano valor entre color como Y-Z y peso de vellón, sucio y limpio, (0,282 con PVS, y 0,243 con PVL) en borregos ( $n=262$ ), pero al estimarse en la totalidad de las muestras esta correlación desaparece.
- Según este ensayo, la única medición confiable del color, ya sea para realizar selección genética o para identificar los vellones de color insuficiente, continúa siendo su medición objetiva según la norma IWTO-56.
- La medición del color como Y-Z continúa siendo dificultosa ya que implica un trabajo de laboratorio especial y personal calificado para el mismo. A nivel de la raza Corriedale no se realizan descuentos en el precio por coloración amarilla, por lo que el interés en implementar el estudio del color en la lana lavada hoy en día está limitado a animales de cabaña.
- Para ensayos futuros en esta línea de investigación se sugiere aumentar el número de muestras, realizando grupos etarios homogéneos dentro de una majada con alta variabilidad de expresión. Otra recomendación sería realizar un análisis genético conectando las majadas utilizando carneros en común. Es necesario también realizar ensayos en años sucesivos para eliminar el factor ambiental.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abella, I. (2010) Uruguay, productor de lanas de calidad. Jornadas Uruguayas de Buiatría XXXIX. Paysandú, Uruguay, pp. 185-188.
2. Abella, I.; Cardellino, R.C.; Mueller, J.; Cardellino, R.A.; Benítez, D.; Lira, R. (2010) South American Sheep and Wool Industries. En: Cottle, D.J. International Sheep and Wool Handbook. Nottingham, Nottingham University Press, pp. 85-94.
3. Abella, I.; Preve, F. (2008) ¿Qué tan blanca es la lana uruguaya? Lananoticias; 149: 32-35.
4. Aitken, F.J.; Cottle, D.J.; Reid, T.C.; Wilkinson, B.R. (1994). Mineral and Amino Acid composition of wool from New Zealand Merino sheep differing in susceptibility to yellowing. Australian Journal of Agricultural Research; 45(2): 391-401.
5. Aliaga, J.L.; Sanderson, R.H.; Maher, A.P.; Reid, T.C. (1996) Optimising of the challenge test for the susceptibility of wool to yellow discoloration. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production; 56: 319-323.
6. AWI (2013). Australian Wool Innovation. Disponible en: [www.merinosuperiorsires.com.au/doc.php?doc](http://www.merinosuperiorsires.com.au/doc.php?doc). Fecha de consulta: febrero/2013
7. Baxter, P. (2001) Stability of wool colour. Massey Wool Association Conference "Colour, the ABC of XYZ". Disponible en: [http://www.sgs.com/~media/Global/Documents/Third%20Party%20Document/Third%20Party%20Technical%20and%20Research%20Papers/tp\\_c4](http://www.sgs.com/~media/Global/Documents/Third%20Party%20Document/Third%20Party%20Technical%20and%20Research%20Papers/tp_c4). Fecha de consulta: 15/08/2012
8. Benavides, M.V.; Maher, A.P. (2000) Quantitative genetic studies on wool yellowing in Corriedale sheep. II. Clean wool colour and wool production traits: genetic parameter estimates and economic returns. Australian Journal of Agricultural Research; 51(2): 191-196
9. Benavides, M.V.; Maher, A.P. (2002) Indirect selection criteria against clean wool colour in Corriedale sheep and their effects on wool production traits. Genetics and Molecular Biology; 25 (2): 139-145.
10. Benavides, M.V.; Maher, A.P. (2003) Genetic parameters of wool colour and skin traits in Corriedale sheep. Genetics and Molecular Biology, 26(3):267-274.
11. Benavides, M.V.; Maher, A.P.; Young, M.J.; Beatson, P.R.; Reid, T.C. (1998) Quantitative genetic studies on wool yellowing in Corriedale sheep. I. Wool yellowing susceptibility and wool production traits: genetic parameter estimates. Australian Journal of Agricultural Research; 49(8): 1195-1200.

12. Bray, A.R.; Smith, M.C. (1999) Relationships of fleece and fibre traits with unscourable yellow discolouration in a survey of strong wool sheep flocks. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*; 59:46-48.
13. Bray, A.R.; O`Connell, D.; Smith, M.C. (1999). Changes in unscourable discolouration of Romney wool samples during storage for one month. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*; 59:49-51.
14. Cameron, B.A.; Stobart, R.H. (2008) The yellowing propensity of Rambouillet Wool. *Sheep and Goat Research Journal*; 23: 11-14.
15. Capurro, G. (1996) Caracterización de la lana producida por la raza Corriedale en Uruguay. *Lananoticias*; 116: 22-26.
16. Cardellino (2011) El futuro de la lana. Una visión optimista. *El País Agropecuario*; 196: 24-26.
17. Clark, M.J.; Whiteley, K.J. (1977) Some observations on the colour of Australian wool. *Wool Technology and Sheep Breeding*; 25(1): 5-9.
18. Corrigan, M. (1984) Colour measurement. A New Zealand view point. *Wool Technology and Sheep Breeding*; 32(3): 176-180.
19. Cottle, D.J. (2010a) World Sheep and Wool Production. En: Cottle, D.J. *International Sheep and Wool Handbook*. Nottingham, Nottingham University Press, pp 1-48.
20. Cottle, D.J. (2010b) Wool Preparation, Testing and Marketing. En: Cottle, D.J. *International Sheep and Wool Handbook*. Nottingham, Nottingham University Press, pp. 581-618.
21. Crook, B.J.; Farrell, R.A.; Hegarty, R.S.; Purvis, I.W. (2000) Dietary protein and the discolouration of wool from superfine Merino sheep. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*; 13: 164-167.
22. Crook, B.J.; Piper, L.R.; Mayo, O. (1994) Phenotypic Associations Between Fibre Diameter Variability and Greasy Wool Staple Characteristics Within Peppin Merino Stud Flocks. *Wool Technology and Sheep Breeding* 42(4): 304-318.
23. DNM (2013) Dirección Nacional de Meteorología. Estadísticas climatológicas. Disponible en: <http://meteorologia.gub.uy/index.php/estadisticas-climaticas>. Fecha de consulta: mayo/2013.
24. Fleet, M.R. and Lush, B. (1997) Sire effects on visible pigmentation in a Corriedale flock. *Wool Technology and Sheep Breeding* 45(3): 167-173.
25. Gimeno, D.; Preve, F. (2011) Repetibilidad del diámetro promedio de la fibra y grado de amarillamiento de la lana en hembras Corriedale. *Producción Ovina*; 21: 49-53.

26. Henderson, A.E. (1968) Yellow discolorations. En: Henderson, A.E. Growing better wool. Wellington, Reed, pp. 55-62.
27. International Wool Textile Organization (2009) IWTO-28: Determination by the Airflow Method of the Mean Fibre Diameter of Core Samples of Raw Wool. The International Wool Secretariat, Raw Wool Services Department: Valley Drive. Ilkley, England
28. International Wool Textile Organization (2009) IWTO-30: Determination of Staple Length and Staple Strength. The International Wool Secretariat, Raw Wool Services Department: Valley Drive. Ilkley, England, 13p.
29. International Wool Textile Organization (2009) IWTO-56: Method for the measurement of colour of raw wool. The International Wool Secretariat, Raw Wool Services Department: Valley Drive. Ilkley, England
30. James, P.J., Ponzoni, R.W. (1992) Fibre diameter variability in South Australian Merinos. Phenotypic and Genetic relationships with wool quality parameters and fleece rot resistance. *Wool Technology and Sheep Breeding*; 40(1): 25-30.
31. James, P.J.; Ponzoni, R.W.; Walkley, J.R.W.; Smith, D.H.; Stafford, J.E. (1983) Preliminary estimates of phenotypic and genetic parameters for fleece rot susceptibility in the South Australian Merino. *Wool Technology and Sheep Breeding*; 31(4): 152-157.
32. James, P.J.; Warren, G.H.; Ponzoni, R.W.; MacLachlan, H.G. (1989) Effect of early life selection using indirect characters on the subsequent incidence of fleece rot in a flock of South Australian Merino ewes. *Australian Journal of Experimental Agriculture*; 29: 9-15.
33. Larrosa J.R., Sienra, I. (1999) Clasificación de lanas por finura y calidad. Montevideo, Facultad de Veterinaria, Peri, 29 p.
34. Lindsay, A.R. (1996) The measurement of wool colour in CIE colour space. *Wool Technology and Sheep Breeding*; 44(2): 238-245.
35. Lipson, M. (1978) The significance of certain fleece properties in susceptibility of sheep to fleece rot. *Wool Technology and Sheep Breeding*; 26(3): 27-32.
36. Lipson, M.; Hilton, R.A.; Watts, J.E.; Merritt, G.C. (1982) Factors influencing fleece rot in sheep. *Proceeding of the Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*; 22: 168-172.
37. McGuirk, B.J.; Atkins, K.D. (1984) Fleece rot in Merino sheep. I: The heritability of fleece rot in unselected flocks of medium-wool Peppin Merinos. *Australian Journal of Agricultural Research*; 35: 423-434.
38. McGuirk, B.J.; Watts, J.E. (1983) Associations between fleece, skin and body characters of sheep and susceptibility to fleece rot and body strike. *National Symposium on Sheep Blowfly and Flystrike in Sheep II*. Sydney, Australia, pp. 367-386.

39. Morley, F.H.W. (1955) Selection for economic characters in Australian Merino sheep. VI. Inheritance and interrelationships of some subjectively graded characteristics. *Australian Journal of Agricultural Research*; 6(6): 873-881.
40. Neimaur, K.; Sienra, I.; Kremer, R. (2009) Effect of season and staple length on wool colour in Corriedale. *International Journal of Sheep and Wool Science*; 57(1):115-123.
41. Neimaur, K.; Sienra, I.; Pereira, C.; Kremer, R. (2011) Estudio del color de la lana limpia y asociación con otras características de la lana en una majada Corriedale del Uruguay. AUPA XXII Reunión Latinoamericana de Producción Animal. Montevideo, Uruguay. 24 al 26 de octubre de 2011. Poster.
42. Otegui, P. (2008) Qué tipo de lanas debe producir Uruguay para los próximos 10 años? III Seminario sobre Mejoramiento Genético en Ovinos: desafíos, oportunidades y perspectivas. Arapey, Uruguay. 23 de junio de 2008.
43. Paganoni, B.L.; Hocking Edwards, J.E.; Masters, D.G. (2000) The effect of supplementary feeding on wool colour and yield in young Merino sheep. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*; 13: 285-288.
44. Pattinson, R.D.; Whiteley, K.J. (1984) Appraisal and measurement of the colour of Australian wool and the role of colour in sale by description. *Wool Technology and Sheep Breeding*; 32(3): 181-189.
45. Peinado, G., Cardellino, R., Mendoza, J. (1999) El futuro de la demanda por la lana Corriedale bajo la perspectiva del sector exportador. *Lananoticias* 119: 27-31.
46. Raadsma, H.W., Wilkinson, B.R. (1990) Fleece rot and Body Strike in Merino sheep. IV. Experimental evaluation of triats related to greasy wool colour for indirect selection against Fleece Rot. *Australian Journal of Agricultural Research*; 41: 139-153.
47. Raquet, F. (1997) Actas del Encuentro de productores laneros e industriales topistas con investigadores Universitarios. Universidad de la República. Montevideo, Uruguay, pp. 22-25.
48. Reid T.C. (1993) Variability in the susceptibility of wool to yellowing. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*; 53: 315-318.
49. Reid, T.C. (1998) Wool Yellowing, *Wool Technology and Sheep Breeding*; 46(4): 318-337.
50. Reid, T.C.; Botica, K.J. (1995) Relationship between wool colour and fibre diameter in four breeds of sheep. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*; 55: 50-53.
51. Rogan, I.M. (1989) Genetic variation and covariation in wool characteristics related to processing performance and their economic significance. *Wool Technology and Sheep Breeding*; 36(4): 126-135.

52. Rogers, G.E. and Schlink, A.C. (2010) Wool growth and production. En: Cottle, D.J. International Sheep and Wool Handbook. Nottingham, Nottingham University Press, pp. 373-393.
53. Ryder, M.L.; Stephenson, S.K. (1968). Physical properties and wool textile processes. En: Ryder, M.L.; Stephenson, S.K. Wool Growth. London, Academic Press, pp. 683-720.
54. SGS Wool Testing Services (2013) Wool colour. Vol 2.1c. Disponible en: <http://www.sgs.co.nz/~media/Local/New%20Zealand/Documents/Technical%20Documents/Technical%20Bulletins/Wool%20Testing%20Info%20Bulletins/SGS-AGRI-2-1c-Wool-Colour-A4-EN-11-V1.pdf>. Fecha de consulta: enero/2013.
55. Sienna, I.; Barbato, G. (1982). El color de las lanas cruzas y variación del pH del sudor en relación a la región, finura, calidad y color. Tercer Congreso Nacional de Medicina Veterinaria, Montevideo, Uruguay, pp. 189-196.
56. Sienna, I.; Barbato, G.; De la Torre, B.; Orlando, D.; Larrosa, J.R. (1987) Efecto de la gestación y lactación sobre el crecimiento de la lana en Corriedale. IV Congreso Nacional de Veterinaria, Montevideo, Uruguay, p. 11.
57. SUL (2011) Manual práctico de producción ovina. Disponible en: [http://www.sul.org.uy/descarga.asp?T=2&M=7&F=Manual\\_Practico\\_de\\_Produccion\\_Ovina\\_.pdf](http://www.sul.org.uy/descarga.asp?T=2&M=7&F=Manual_Practico_de_Produccion_Ovina_.pdf). Fecha de consulta: agosto/2013.
58. SUL (2013) Lanas del Uruguay. Disponible en: [http://www.sul.org.uy/lana\\_produccion\\_ovina.asp](http://www.sul.org.uy/lana_produccion_ovina.asp). Fecha de consulta: marzo/2013.
59. StataCorp (2012) Stata Statistical Software: Release 7. College Station, TX, Stata Corporation.
60. Sumner, R.M.W.; Young, S.R.; Upsdell, M.P. (2003) Wool yellowing and pH within Merino and Romney fleeces. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production; 63: 155-159.
61. Swan, P. (2010) The Future of Wool as an Apparel Fibre. En: Cottle, D.J. International Sheep and Wool Handbook. Nottingham, Nottingham University Press, pp. 647-660.
62. Thompson, B. (1987) The colour of wool. Appraisal versus Measurement. Wool Technology and Sheep Breeding; 35: 347-351.
63. Thompson, B. (1989). Colour in wool: The measurement of average yellowness and its implications. Wool Technology and Sheep Breeding; 36: 96-103.
64. Watts, J.E.; Merritt, G.C.; Lunney, H.W.; Bennett, N.W.; Dennis, J.A. (1981) Observations on fibre diameter variation of sheep in relation to Fleece-rot and Body Strike susceptibility. Australian Veterinary Journal; 57(8): 372-376.

65. Wilkinson, B.R. (1981) Studies on fleece yellowing. Part 1: Prediction of susceptibility to yellow discolouration in greasy fleeces. *Wool Technology and Sheep Breeding*; 29(4): 169-174.
66. Wilkinson, B.R.; Aitken, F.J. (1985) Resistance and susceptibility to fleece yellowing and relationships with scoured colour. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*; 45: 209-211.
67. Wilkinson, B.R.; Aitken, F.J.; Tinnock, B.M. (1985) Prueba para la predicción del amarillamiento de la lana. En: Larrosa, J.R.; Bonifacino, L.A. *Lanas. Seminario científico técnico regional*. Montevideo, Agropecuaria Hemisferio Sur, pp. 143-147.
68. Winder, L.M.; Baronian, J.; Webber, J.; Muller, B. (1998a) Unravelling the causes of wool yellowing. Part II: Involvement of bacteria. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*; 58: 277-280.
69. Winder, L.M.; Rea, A.; Scobie, D.R.; Bray, A.R. (1998b) Unravelling the causes of wool yellowing. Part I: Involvement of a water soluble component. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*; 58: 274-276.
70. Wuliji, T.; Weatherall, I. L.; Andrews, R.N.; Dodds, K.G.; Turner, P.; Wheeler, R. (1993) Comparison of seasonal wool growth pattern and colour variation in fleece weight selected and control Romney flocks. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*; 53: 351-354.