



**EVALUACIÓN DE RESISTENCIA
GENÉTICA DE OVINOS CORRIEDALE A
LOS NEMATODOS
GASTROINTESTINALES EN URUGUAY:
Hereditabilidad y Correlaciones Genéticas
Entre El Recuento De Huevos De Nematodos
y Características Productivas**

**Tesis
Maestría en Producción animal
Universidad de la República**

Daniel Castells Montes

**URUGUAY
2008**

Agradecimientos

Diego Gimeno dedicó mucho de su escaso tiempo al procesamiento de datos, nos ayudó en la interpretación, respondió todas las veces que tuvimos que recurrir a él y todo lo hizo en forma desinteresada y con un destacable nivel técnico. Sin su ayuda no habríamos podido realizar este trabajo de tesis y las palabras que se puedan poner aquí no alcanzan para demostrar nuestro agradecimiento.

Roberto Kremer aceptó el desafío de ser mi orientador y a pesar de que en pleno trabajo de tesis, paso a ocupar el decanato de la Facultad de Veterinaria, no dejó de orientarnos, motivarnos y exigirnos lo necesario para cumplir con las obligaciones del caso.

Armando Nari ha sido mi orientador en todos los aspectos parasitológicos y no solo nos marcó el camino a seguir en la investigación sino que siempre nos transmitió una gran confianza.

Roberto Cardellino con su conocimiento siempre actualizado de la investigación en el mundo y una capacidad destacada en percibir las cosas importantes, fue quien nos introdujo en la temática de la resistencia genética y ajustó gracias a sus contactos los primeros protocolos allá por el año 1994. Además fue un continuo proveedor de bibliografía.

Belén Riso nos ayudó en algunos muestreos, inclusive extrajo con nosotros más de 350 muestras de sangre, cuyos datos al final no pudimos incluir en esta tesis pero serán motivo de comunicaciones posteriores.

Raúl Oficialdegui como gerente del área de investigación, nos facilitó el tiempo necesario para realizar la maestría y tesis final, demostrando ser siempre un estimulador de la capacitación de los técnicos.

Gabriel Capurro fue mi superior inmediato en la última etapa de la tesis y también nos facilitó el tiempo necesario para dedicarnos full-time a la redacción final, sin el cual hubiera sido imposible terminarla.

Jorge Bonino coordinó con los productores las acciones de muestreo y remisión al laboratorio que se realizaron en el marco del proyecto LIA 058

Adolfo Casaretto, realizó los trabajos de campo en la Central de Pruebas “Pedro Narbondo” y no solo extrajo y remitió las muestras para HPG sino que cada vez que acudimos a él para identificar y luego adquirir animales de esa CPP para el Núcleo del SUL lo hizo con responsabilidad y eficacia.

Fernando Grignola participó en el procesamiento de los datos entre 1994 y 1999, que si bien no forman parte de esta tesis fueron un buen antecedente.

Fernando Coronel al ser el coordinador de mejoramiento genético del SUL, ayudó en todas las acciones ya sean de campo, laboratorio o análisis. Pero por sobre todas las cosas ha tenido una gran paciencia cuando nos atrasábamos en el ingreso y envío de datos.

Pablo Balduvino desde su puesto en el área de informática del SUL, no solo ha desarrollado los programas utilizados para ingreso y almacenamiento de datos, sino que ha demostrado una gran capacidad de adaptación de acuerdo a las circunstancias. A él tuvimos que recurrir numerosas oportunidades y siempre nos respondió en tiempo y forma.

Leonardo Raimondo tuvo que auxiliarme numerosas veces en la impresión y confección de la tesis.

Milton Rodríguez fue quien tomó 2 veces al día los registros meteorológicos en la estación experimental del SUL y nos facilitó los datos para su procesamiento.

Domingo Crossa realizó los análisis de Mac Master del núcleo y preparó los cultivos de larvas para que nosotros las identificáramos.

Haroldo Deschenaux coordinó todas las acciones con el personal de campo del SUL a los efectos de realizar los controles de parición y muestreos para HPG del núcleo del SUL

Pedro Echenique realizó los controles de parición del núcleo y tatuó los corderos con una prolijidad absoluta. Así mismo confeccionó las libretas de parición a partir de las cuales nosotros determinamos la genealogía de los animales.

Jorge Aguerre realizó trabajos de campo en la Central de Pruebas de Progenie “Pedro Narbondo”

Eduardo Riso realizó los análisis de Mac Master, cuando los datos estuvieron bajo la órbita del proyecto TCP/URU/8921 de FAO

Juan Salles realizó los hematocritos que iban a formar parte de los estudios de este proyecto, pero que serán comunicados en otra oportunidad

América Mederos coordinó desde el laboratorio de Salud Animal del INIA Tacuarembó el procesamiento de gran parte de los análisis de Mac Master, que forman parte de esta tesis.

Fabio Montossi desde su cargo de responsable del área de ovinos del INIA apoyó todas las acciones de laboratorio realizadas.

Gabriel Ciappesoni trabajó en estrecho contacto con Diego Gimeno a los efectos de utilizar los mejores métodos de análisis y nos proveyó de material bibliográfico.

Francisco Gorlero desde el comienzo mismo de la Central de Pruebas de Progenie “Dr. Alberto Gallinal” puso su tiempo, instalaciones y personal para que desarrollemos nuestro trabajo. Además nos cedió en forma incondicional animales para la fundación del núcleo resistente del SUL.

Esteban Carriquiri formó parte de la segunda etapa de la Central de Pruebas de Progenie “Dr. Alberto Gallinal” y también puso tiempo personal y entusiasmo en nuestras acciones.

Daniel Narbondo (†) nos cedió material genético fundamental para la fundación de las líneas genéticas del SUL

Andrew Swann fue nuestro consultor de FAO y nos ayudó a ajustar los protocolos, realizó análisis preliminares de datos y nos recibió en Australia cuando fuimos a capacitarnos.

Gabriel Rodríguez desde su lugar en FAO nos ayudó incondicionalmente en la administración del proyecto **FAO TCP/URU/8921**, “Resistencia genética del ovino a los nematodos gastrointestinales en el Uruguay”

Jaime Castells ha sido mi motivador en todo el desarrollo de mi vida profesional y este tema no ha escapado a ese estímulo tan necesario que todos requerimos.

Luis Carrau como administrador de “Sierra de los Olivos” fue uno de los productores que colaboraron en los datos de este proyecto.

Gonzalo Gambetta como administrador de “El Piramidal” fue otro de los productores que colaboraron en los datos de este proyecto

Alejandro Gambetta como administrador de “La Esperanza” fue otro de los productores que colaboraron en los datos de este proyecto

Salvador Garcia Pintos como administrador de “Pai La Orejana” fue uno de los productores que colaboraron en los datos de este proyecto y colaboró con animales para el núcleo.

Rúben Etcheverria como administrador de “La lucha” fue otro de los productores que colaboraron en los datos de este proyecto

Juan Echeverria como administrador de “Refugio” fue otro de los productores que colaboraron en los datos de este proyecto

Candelaria Castells me ayudó en corregir la redacción final mejorando notoriamente mi versión original plagada de errores gramaticales.

El Comité Académico de Maestrías y Posgrados (CAMD) se mostró siempre comprensivo con la situación de estudiantes que como yo debimos realizar tanto los cursos como la tesis final conjuntamente con nuestras obligaciones laborales flexibilizando los tiempos de finalización de la misma.

Financiaciones:

FAO

Parte de las acciones realizadas en las CPP y el Núcleo de resistencia genética del SUL fueron posible gracias al proyecto de cooperación técnica de la **FAO TCP/URU/8921**, “Resistencia genética del ovino a los nematodos gastrointestinales en el Uruguay”, bajo la responsabilidad de Daniel Castells.

INIA-BID

La incorporación de establecimientos particulares y las CPP en un plan de evaluación genética global fue gracias al Proyecto INIA-BID **LIA 058**, “Integración de Cabañas y Centrales de Prueba de Progenie Corriedale a un Programa Nacional de Evaluación Genética”, bajo la responsabilidad de Fernando Coronel

Indice.

Página

• 1 Título.....	1
• 1.2 Autor, orientador y coorientadores.....	1
• 1.3 Resumen.....	1
• 1.4 Summary.....	3
• 2 Introducción.....	4
• 2.1 Antecedentes del problema parasitario.....	4
• 2.2 Antecedentes se la resistencia genética.....	6
• 2.2 Caracterización del problema.....	12
• 3 Objetivos.....	12
• 4 Materiales y métodos.....	13
• 4.1 Población animal y establecimientos.....	13
• 4.2 Conexiones.....	16
• 4.3 Programa de evaluación genética global.....	16
• 4.4 Registros.....	16
• 4.4.a Identificación, genealogía y meteorológicos.....	16
• 4.4.b Parasitológicos.....	17
• 4.4.c Productivos.....	18
• 4.5 Análisis estadístico.....	18
• 5 Resultados	21
• 5.1 Caracterización del clima.....	21
• 5.2 Géneros parasitarios y edad de muestreo.....	24
• 5.3 Distribución y transformación de los datos.....	25
• 5.4 Parámetros genéticos.....	32
• 5.4.a. Correlación y repetibilidad entre el HPG1 y HPG2.....	32
• 5.4.b. Heredabilidad y correlaciones del HPG.....	34
• 6 Discusión.....	36
• 7 Conclusiones.....	45
• 8 Referencias bibliográficas.....	46

1. Evaluación de resistencia genética de ovinos Corriedale a los nematodos gastrointestinales en Uruguay: Heredabilidad y correlaciones genéticas entre el recuento de huevos de nematodos y características productivas.

1.2 Autor: Daniel Castells
Orientador: Roberto Kremer (Ovinos)
Coorientadores: Armando Nari (Parásitos) Diego Gimeno (Genética)

1.3 Resumen.-

La heredabilidad del recuento de huevos de nematodos en la materia fecal (HPG) y sus correlaciones fenotípicas y genotípicas con características productivas fue estimada a través de 5116 corderos hijos de 185 carneros pertenecientes al Programa de Evaluación Genética Global de la raza Corriedale. Para ello se utilizaron las generaciones nacidas del 2000 al 2004, que correspondieron a 2 Centrales de Prueba de Progenie, 1 núcleo y 9 establecimientos comerciales, que se conectaron entre sí y entre años mediante 52 carneros de referencia. Todos los animales tenían su genealogía completa y de cada animal se registraron 2 medidas de HPG (HPG1 y HPG2) bajo infección natural de ciclos parasitarios diferentes y como características productivas, se registró al año de edad, el peso del vellón sucio (PVS), peso del vellón limpio (PVL), diámetro de la fibra (D) y el peso del cuerpo (PV). El género parasitario involucrado mayormente en la evaluación fue *Haemonchus sp* en un 66% y en segundo lugar *Trichostrongylus sp* en un 30% y la edad promedio de los animales en el momento de registrar el HPG1 y el HPG2 fue 7,6

meses y de 11,2 meses respectivamente. Los HPG tuvieron una distribución poblacional del tipo binomial negativa, por lo que se testaron varios métodos de normalización para los residuales de un modelo de ajuste de los efectos fijos. El logaritmo neperiano (LN) y la raíz cúbica (R3) fueron eficaces en ajustar los valores a una distribución normal. Mediante la estimación de la máxima verosimilitud restringida (REML), se analizaron ambos HPGs, resultando las heredabilidades del HPG1 ($R3HPG1=0,16$ y $LNHPG1=0,15$) siempre inferiores al HPG2 ($R3HPG2=0,25$ y $LNHPG2=0,28$), mientras que por un lado la repetibilidad entre el HPG1 y HPG2 fue relativamente baja ($REPR3HPG1y2=0,26$ y $REPLNHPG1y2=0,25$), por el otro la correlación genética entre HPG1 y HPG2 fue alta ($r_g HPG1y2=0,70$). Por ello y considerando ambas medidas, como diferentes expresiones de la misma característica se definió un modelo animal multicarácter bayesiano y con el procedimiento de muestreo de Gibbs, la heredabilidad se situó en un valor medio de 0.21 ± 0.020 y las correlaciones genéticas del HPG con características productivas fueron de signo negativo y de escasa magnitud, $HPG \times PVS r_g = -0.15 \pm 0.007$, $HPG \times PVL r_g = -0.08 \pm 0.006$, $HPG \times D r_g = -0.16 \pm 0.028$, excepto para PC que fue de mayor magnitud, $HPG \times PC r_g = -0.35 \pm 0.064$. Resultando por ende favorables para PVS, PVL, PC y levemente desfavorable para D. Las correlaciones fenotípicas fueron de igual signo pero menor magnitud. Se concluye que es posible implementar planes que mejoren la resistencia genética de los ovinos Corriedale de Uruguay a los nematodos gastrointestinales

1.4 Summary

A total of 5116 Corriedale lambs, the progeny of 185 rams from the Global Corriedale Genetic Evaluation Program were studied to estimate heritability of Faecal Egg Count (FEC), and phenotypic and genetic correlations between FEC and production traits. The lambs birth 2000 to 2004 years, on 2 Central Progeny Test, 1 experimental nucleus flock and 9 commercial farms and were connected by 52 rams references. Complete pedigree, two Faecal Egg Counts (FEC1 and FEC2) following natural challenge, Greasy Fleece Weight (GFW), Clean Fleece Weight (CFW), Fibre Diameter (D) and Live Weight were recorded in each of 5 years. *Haemonchus sp* (66%) and *Trichostrongylus sp* (30%) were the most important parasites and the average age for the FEC1 and FEC2 were 7,6 and 11,2 months respectively. The distribution of FEC was binomial negative and different transformation methods were tested, obtained with logarithm and cube root an appropriate removing of the skewness. Heritability of FEC1 (0,16 – 0,15) were less than FEC2 (0,25 – 0,28), repeatability between FECs were low (0,26 - 0,25), but genetic correlation were high (0,70), indicating that FEC at different ages are expressions of the same trait. Using animal model, and FEC1 and FEC2 as a repeated measures, heritability was $0,21 \pm 0,02$ and genetic correlation between FEC/GFW $-0,15 \pm 0,007$, FEC/CFW $-0,08 \pm 0,006$, FEC/D $-0,16 \pm 0,028$ and FEC/LW $-,35 \pm 0,064$ indicating a less or neutral favourable correlation except on D that is less unfavourable. Phenotypic correlations between FEC and production traits were negative but lower to genetic correlations. In conclusion, it is feasible in Uruguay to select Corriedale sheep for resistance to gastrointestinal nematodes.

2. Introducción

2.1 Antecedentes del problema parasitario.

La producción ovina ha conformado históricamente una de las actividades de mayor importancia económica para el Uruguay contribuyendo en la actualidad con más del 12% del producto del sector agropecuario. La misma se desarrolla en unos 26.500 establecimientos que actualmente mantienen los 10.3 millones de ovinos que componen las existencias de esta especie en el país (DI.CO.SE. 2007).

Algunos cambios en los sistemas de producción ovina, operados en el Uruguay en los últimos años, tendientes a una especialización en la producción de lana fina en el norte del país y carne de corderos en el sur, no han modificado mayormente las principales características de nuestros sistemas de producción. Estos tienen como principal recurso forrajero a las pasturas naturales y se desarrollan en un régimen de pastoreo mixto de bovinos y ovinos compitiendo por los mismos recursos (Oficialdegui y Gaggero, 1990).

Por lo dicho anteriormente es que los sistemas de producción ovina no son una actividad aislada sino que constituyen una actividad mixta con los vacunos. La base forrajera sobre la cual se maneja la actividad (pasturas nativas) y el sistema de pastoreo (continuo) determinan la presencia de nematodos gastrointestinales (NGI) como un elemento intrínseco con el que se debe convivir y controlar de la mejor manera posible de forma de aprovechar el potencial productivo (Castells, 2005a).

Uruguay es el único país de Sudamérica que se encuentra enteramente en clima templado con un nivel de precipitación anual acumulada del orden de los 1.300 mm, con las cuatro estaciones bien definidas, sin estación seca, pero con una gran variabilidad interanual (Dirección Nacional de Meteorología, 2008). Esta variabilidad puede determinar una mayor o menor intensidad en la parasitosis por nematodos gastrointestinales (Pereira et al. 2006) pero difícilmente determine períodos prolongados de tiempo libres de desafío parasitario. Estas características determinan un amplio número de especies parasitarias, tal como lo describieron Castro y Trenchi en 1958, donde podemos encontrar géneros propios de climas fríos, como el *Nematodirus sp.*, hasta otros de climas tropicales, como *Cooperia sp.* (Nari y Cardozo 1987), pero con una prevalencia notoriamente mayor de *Haemonchus contortus* (Nari et al. 1977). Esto si lo comparamos con otros países del hemisferio sur, donde la producción ovina tiene importancia, presenta algunas diferencias. En Australia las zonas de mayor concentración ovina tienen un régimen de precipitación inferior a los 1.000 mm anuales y en gran parte en clima mediterráneo (Abbott, 2001) donde los nematodos más prevalentes son *Haemonchus contortus* y *Trichostrongylus sp.*, pero las parasitosis están concentradas en una determinada época del año y los niveles de incidencia son menores a los de Uruguay (Greeff et al. 1995 y Karlsson et al. 1991). En Nueva Zelanda la mayor concentración de ovinos se encuentra en la zona sur de la isla norte o directamente en la isla sur, donde el clima más frío determina otra composición de especies patógenas en donde *Teladorsagia (Ostertagia) sp.*, es el género más importante, teniendo poca participación *Haemonchus contortus* (Vlassof y McKenna, 1994 y Bisset,

1994b). Tanto Australia como Nueva Zelanda han sido verdaderos pioneros en los estudios de la resistencia genética por lo que resulta importante tener en cuenta estas diferencias epidemiológicas al momento de hacer comparaciones. Altas prevalencias de *Haemonchus contortus* se dan en Sud Africa (Van Wyk et al. 1997) donde sin embargo la mayoría de los estudios se basan en la resiliencia (tolerancia) más que en la resistencia.

Un estudio realizado en Uruguay por Nari et al. (1977) nos muestra la prevalencia de nematodos adultos que parasitan animales de recría a lo largo del año y donde la presencia de *Haemonchus contortus* es la más alta (43%) ocupando el segundo lugar los géneros *Trichostrongylus sp.*(38%).

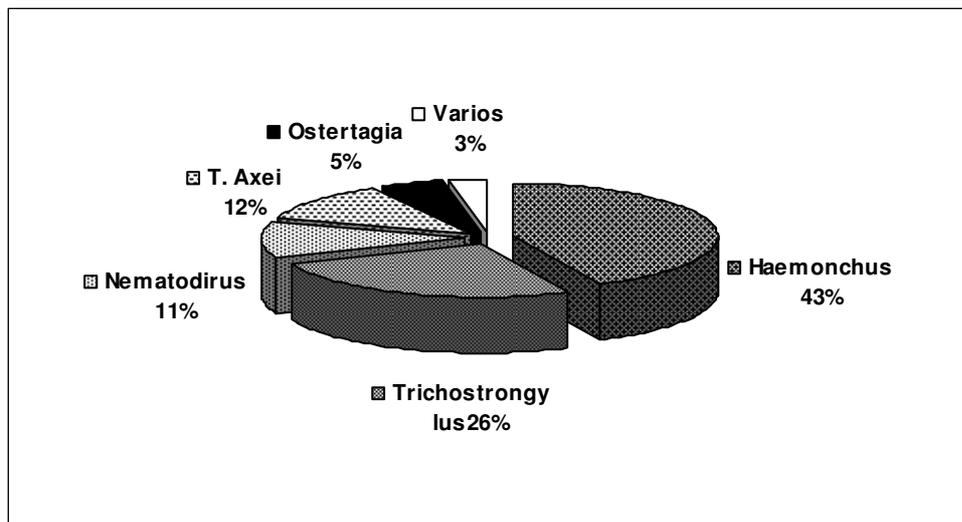


Figura 1.- Prevalencia de nematodos adultos en promedio en corderos rastreadores del Uruguay. Fuente: Nari et al 1977-

Hasta el momento el único método de control utilizado ha sido el químico, basado en la sucesiva aparición de moléculas antihelmínticas modernas a partir de los Bencimidazoles (en la década del '60), seguido de los Imidazotiazoles (desde la década del '70) y las Lactonas Macroclínicas (disponibles en el mercado en la década del '80). Si bien en la actualidad ya se ha descubierto un nuevo grupo químico, el de los derivados del amino aceto nitrilo (AAD's) (Kamisky et al. 2008), las moléculas más prometedoras de este grupo (monepantel) aún no se encuentran disponibles en el mercado (Hosking et al. 2008).

Sin embargo la disponibilidad y uso de antihelmínticos ha venido acompañado del desarrollo de resistencia por parte de los nematodos. Este fenómeno está ampliamente difundido en los países ovejeros como Sud Africa (Van Wyk 2000), Nueva Zelanda (Hosking 1998) y Australia (Lloyd and Love 1999), lo mismo que en Uruguay donde un relevamiento conducido por Nari et al en 1994, determinó que el 92.5% de los establecimientos presentaban algún grado de resistencia antihelmíntica. Un 86 % de estos tenían resistencia a los Bencimidazoles, un 71% resistencia a los Levamisoles y un 1,2% resistencia a las

Avermectinas siendo el principal género de nematodo involucrado en la resistencia *Trichostrongylus sp.* (Nari et al. 1996).

La situación años mas tarde se agravó y se sucedieron frecuentes reportes de *Haemonchus sp.* resistente a las Ivermectinas (Castells et al. 2002). En el 2007, Castells, comunica el aislamiento y tipificación de una cepa de *Haemonchus contortus* (CIEDAG H1) resistente a Bencimidazoles, Imidazotiazoles, Avermectinas, Salicilanilidas y Fenoles sustituidos.

Dicha situación ha determinado la necesidad de rever las estrategias de control químico y buscar otros mecanismos de control. Entre estos podemos citar: el manejo antiparasitario a través del uso de pasturas seguras, el estímulo inmunitario a través de vacunas, el control biológico a través de organismos vivos (enemigos naturales) como hongos de los géneros *Artrobotris sp.* o *Duddingtonia sp.*, el control por intermedio de las propiedades de determinadas pasturas, como el caso de *Lotus pedunculatus* y el *Hedysarium coronarium*, el manejo de la nutrición, elevando los niveles de Proteína que mejoran la respuesta natural y por último la selección de animales resistentes (Castells 2005a).

El desarrollo y el impacto de estos métodos de control es variado, sin embargo, existe consenso de que es necesario lograr un control sostenible en el tiempo que se obtiene a través de un control integrado de parásitos (CIP), es decir, la utilización conjunta e integrada de varias medidas de control a la vez (Nari 2008).

2.2 Antecedentes de la resistencia genética del ovino a los nematodos gastrointestinales

Los primeros reportes sobre variación en la resistencia del ovino a los nematodos gastrointestinales son de Clunies Roos (1932) y Withlock (1958), sin embargo, el tema quedó soslayado y pasó mucho tiempo hasta que se encararan trabajos profundos para evaluar más exhaustivamente todos los componentes de esta característica.

Es así que en Australia y trabajando con Merino Australiano Le Jambre (1978) describe el componente genético de la característica y conjuntamente con Piper comienzan a seleccionar líneas divergentes (resistentes y susceptibles). Dichos trabajos son continuados y profundizados por Woolaston (1994a) y luego por Eady (1998). Otra línea de trabajo importante en Australia fue la desarrollada por Albers et al. (1987) en la Universidad de Nueva Inglaterra (University of New England UNE), básicamente con el seguimiento de la progeie de un carnero (Golden Ram) con destacada resistencia en su descendencia.

En Nueva Zelanda los primeros trabajos los realizan Baker et al. (1979) con Romney Marsh y son continuados por Morris et al. (1997b). En forma paralela hay otra línea de trabajos desarrollada por Bisset et al. (1994).

En Uruguay preocupados por la problemática parasitaria y basados en los antecedentes de proyectos de transferencia y adopción de Australia (Pocock et al 1995) y Nueva Zelanda (Mc Ewan et al 1995) se comenzaron los estudios en

1994 con la raza Corriedale en la primer evaluación de carneros a través de Centrales de Prueba de Progenie (CPP) (Cardellino et al. 1994).

Diferencias genéticas de la resistencia a nematodos gastrointestinales entre razas han sido bien documentadas sobretodo en zonas tropicales y subtropicales e involucrando fundamentalmente a razas de ovinos nativas y al nematodo *Haemonchus contortus*. La mayor y más concluyente información es la generada en Kenia en donde la raza nativa, Red Massai, ha demostrado una clara resistencia y tolerancia a la infección y a los efectos de *Haemonchus contortus* en comparación con la raza Dorper, tal como lo comunicaron inicialmente Preston y Allonby en 1978 y lo confirmaron trabajos posteriores de Mugamby et al. (1997) y Baker (1997). Sin embargo, no es la única referencia en este sentido ya que en 1978 Piper et al. en Australia encontraron moderadas diferencias entre Dorset Horn, Fine Wool Merino, Collinsville Merino y Corriedale, sobretodo cuando el parásito considerado fue el *Nematodirus sp.* Por otro lado en Estados Unidos Amarante et al. (1999), encontraron no solo diferencias en resistencia a favor de la raza Florida Native respecto a Rambouillet sino también de sus cruzas (F1). En una revisión realizada por Bishop y Morris (2007) hacen referencia no solo a las razas mencionadas anteriormente sino también en el Caribe y sur de EUA, a las razas Barbados Blackbelly, St. Croix, Gulf Coast Native y Garole en India. La adaptación de estas razas a las condiciones locales podría ser explotada en cruzamientos a los efectos de combinar las mejores características de más de una raza. A pesar de los resultados preliminares auspiciosos de Amarante et al. (1999), donde las F1 cruzas de Florida Native con Rambouillet tuvieron un comportamiento similar en resistencia que las Florida Native puras, los trabajos realizados por Baker (1999) en Kenia entre los años 1991 a 1995, no encontraron beneficios cuando cruzaron Dorper y Red Maasai ya que el nivel de resistencia de las F1 fue más cercano al de la raza pura no resistente (Dorper).

Los resultados obtenidos con razas nativas pueden ser utilizados de dos maneras, aprovechando la resistencia genética de esas razas para difundirla en las zonas donde ya están adaptadas o bien estudiando las bases moleculares de esa resistencia a los efectos de poder identificar genes o alelos involucrados en la resistencia (Baker 1997).

Salvo en el caso de que haya genes de efecto mayor, que hasta el momento no ha sido comprobado, resulta complicado en áreas con una tradición ovejera determinada la introducción de razas exóticas con orientaciones productivas muy distintas a las locales. Además, prácticamente todas las investigaciones han demostrado una gran variación genética dentro de razas. Para Merino Australiano: Piper et al. (1978), Albers et al. (1987), Woolaston et al. (1991), Woolaston y Piper (1996) Eady et al. 1996, Ciapessoni (2008); para Romney Marsh: Baker et al. (1979 y 1991) y Morris et al. (1997c y 2000); para Perendale: Baker et al. (1991) y Morris et al. (1997a); para Scottish Blackface: Bishop et al (1996); para Texel: Bishop et al 2004 y para Corriedale en información preliminar de esta tesis Swan (2000) y Castells (2005 a y b). Tan amplia y consistente información determina que existe un amplio camino por recorrer en la selección dentro de razas sin la necesidad de incorporar genotipos extraños. De todas maneras, para recorrer este camino es necesario tener claro una serie de aspectos como la característica a considerar como medida de

resistencia, el coeficiente de variación, la heredabilidad de esta característica, su correlación genética con características productivas, el progreso genético posible de obtener y las implicancias biológicas y económicas que todo esto tiene.

En el caso del coeficiente de variación es frecuente que supere al 100%, lo que implica la amplia posibilidad de seleccionar animales dentro de una población, algo que es mucho mayor que lo reportado para otras características como diámetro de la fibra (9,5%), peso del vellón limpio (24,5%) o peso del cuerpo (26,9%) (Urioste, 2008).

La heredabilidad es una de las características que más afecta la respuesta a la selección y por ende una de las más importantes. Se la puede definir como la proporción de la varianza total debida a las diferencias en valor mejorante que son las que determinan el parecido entre parientes, siendo esta una definición estática, aunque lo más destacable de la heredabilidad sea su función predictiva (Falconer y Mackay, 2001).

Este parámetro genético ha sido estudiado por numerosos autores y dentro de cierto rango presenta valores diferentes, según la edad del animal en el momento de la medición, el nivel y la naturaleza de la infección, el nematodo considerado, la raza, la metodología de obtención de los datos y el tipo de análisis de estos. De todas maneras, prácticamente todos los reportes se encuentran dentro de valores medios: 0.29 (Piper et al. 1978), 0.34 (Windon, 1991), 0.23 (Woolaston et al. 1991), 0.21 (Woolaston et al. 1991), 0.34 (Baker et al. 1991), 0.23 (Woolaston y Piper, 1996), 0.14 (Howells et al. 1998) 0.33 (Stear et al. 1998) y 0.28 (Morris et al. 2000).

La edad de los animales en el momento de ser evaluados parecería ser un factor importante debido a que la resistencia genética tiene un fuerte componente inmunológico y los estímulos antigénicos previos y el desarrollo del sistema inmunológico son factores que van a condicionar fuertemente la respuesta (Emery et al. 1993). Los corderos generalmente no eliminan su primera infección y es consistente la información en el sentido de que *Trichostrongylus sp.* genera inmunidad adquirida y específica más rápidamente que *Haemonchus sp.* (McClure, 2000). En esta revisión sobre inmunidad del ovino a los nematodos gastrointestinales, dicho autor concluye que hay numerosa información referida a que los corderos responden menos al control del establecimientos de nematodos a los 3-6 meses de edad que cuando son adultos, inclusive menciona otros autores que encontraron baja respuesta inmunitaria en corderos de 6 meses vacunados con larvas irradiadas. Por ello, Bishop et al. (1996), encuentran valores de heredabilidad de 0,01; 0,00; 0,12; 0,14; 0,15 y 0,22 para los mismos animales con 1; 2; 3; 4; 5 y 6 meses de edad respectivamente y Howells et al. (1998), una heredabilidad de 0; 0,08 y 0,14 a los 3,5; 4,5 y 5,5 meses de edad respectivamente. Ambos trabajos muestran claramente una baja heredabilidad a temprana edad y un aumento de esta a medida que pasa el tiempo. Sin embargo, en todos estos trabajos no queda claro hasta donde este es un problema de la edad en sí misma, o están influyendo factores tales como el contacto previo con el antígeno, el nivel y la frecuencia de la relación antígeno-anticuerpo, el estado nutricional y el peso vivo, que también son factores que afectan a la característica. Por otro lado, trabajos realizados por Heine en Nueva Zelanda

(com. personal) muestran un desarrollo diferente del sistema inmunitario en corderos provenientes de líneas resistente, control y susceptible. En términos generales y promedios la inmunidad es baja hasta los 5-6 meses, en coincidencia con los datos generados y recabados por McClure (2000), y se consolida después de los 11 meses. En los trabajos de Heine, queda claro como, las mayores diferencias entre los resistentes y el resto se da entre los 6 y los 11 meses y es por ello que tanto en Australia como en Nueva Zelanda, los protocolos de servicio de evaluación de resistencia genética como el Nemesis[®] y WormFEC[®], sugieren la realización de la evaluación posterior al destete, o sea a partir de los 4-5 meses de edad y mencionan a ese período como una “ventana de oportunidad”.

En lo que respecta al método de análisis, Greeff et al. (1995) describen una heredabilidad de 0.22 ó 0.43, 0.28 ó 0.51, 0.20 ó 0.38 y 0.23 ó 0.32 según el método de análisis sea a través del modelo padre o el modelo animal respectivamente, por lo que la información genealógica completa varía sustancialmente la calidad de la información.

Si bien todas las investigaciones apuntan a un progreso genético sostenido, una inusual susceptibilidad de ovinos derivados de una línea resistente encontraron Gray et al. (1994), posiblemente debido a una interacción entre el nivel y la naturaleza de la infección con la expresión de la característica.

Los estudios de resistencia genética del ovino a los nematodos gastrointestinales tienen como base conceptual mejorar el control de los parásitos como forma de lograr mejores índices productivos. Por lo que animales más resistentes no son un fin en sí mismo sino un objetivo intermedio hacia la mejora productiva. Es en ese sentido, en donde la relación entre la resistencia y los caracteres productivos adquiere gran importancia. La correlación genética entre dos características estará dada por pleyotropía y en menos casos por ligamiento e implica básicamente que un gen interviene a la vez en los dos caracteres considerados (Falconer y Mackay, 2001).

Las correlaciones genéticas con características productivas también han sido estudiadas por varios autores y la información surgida de los distintos trabajos es algo contradictoria. Por un lado, en Nueva Zelanda la mayoría de los trabajos concluyen en una correlación genética entre el HPG y las características productivas desfavorable (Morris et al. 2000 y Williamson et al. 1995). Por otro lado, en Australia se concluye en una correlación genética no diferente de “cero” (Eady, 1997).

De todas maneras, en el supuesto caso de que se maneje la correlación como cero y en la realidad, esta sea levemente desfavorable, la sobrestimación del progreso en HPG y la subestimación de los cambios en características productivas, no tendría un efecto demasiado importante (Eady, 1998).

El término resistencia es bastante amplio y puede tener concepciones diferentes, mas aún si consideramos que relacionado a esto está la resiliencia y la tolerancia. Definiciones de cada uno de los términos han sido expresadas por varios autores como Baker en 1997 y Bishop y Morris en el año 2007 y si bien coinciden en que la resistencia es la habilidad del animal para impedir la

infección parasitaria o eliminarla luego de instalada y la resiliencia como la habilidad de mantener buenos niveles productivos bajo desafío parasitario y la tolerancia como la aptitud del animal de sobrellevar la infección parasitaria tolerando sus efectos, no existe un límite neto entre las tres características y sobretodo resiliencia y tolerancia tienen en común parte de la base conceptual.

Mejorar el control de los parásitos internos por la vía del mejoramiento genético del huésped, en características de resistencia o de resiliencia, no es lo mismo. En el caso de la resistencia, una de las ventajas es epidemiológica. Esta quedó claramente demostrada por Barger (1989) cuando utilizó el programa de simulación UNIVERSE desarrollado por R. Dobson y E. Barnes. Este está basado en tres modelos matemáticos y simulando *Trichostrongylus colubriformis* en corderos destetados en enero y vendidos en noviembre, el grupo seleccionado por resistencia reducía la frecuencia de dosificaciones a partir de los 10 años. Esta reducción en la frecuencia de dosificaciones se debe por un lado a que cada vez los animales son más resistentes pero por otro lado a que los niveles de contaminación son cada vez menores. Basados en estos conceptos y en una correlación genética neutra con características productivas, en Australia y para Merino Australiano es recomendada la resistencia basada en el recuento de huevos de nematodos (Eady 1998). Sin embargo, en Nueva Zelanda con la raza Romney Marsh y básicamente con los nematodos *Ostertagia sp*, *Nematodirus sp* y *Trichostrongylus sp*, pero sobretodo con niveles bajos a nulos de *Haemonchus sp.*, encontraron que los animales seleccionados durante 37 años por mayor peso del vellón eran los que tenían mayores recuentos de HPG cuando de los comparó con los del grupo control (Williamson et al 1995 y Blair y Garrick 1992). A su vez Bisset y Morris (1996) encontraron que los animales más resistentes (menor HPG) no solo producían menos sino que también tenían mayor deposición de materia fecal en la zona perianal (vulgarmente denominado en Uruguay como “cascaerías” y en Nueva Zelanda “Dags”). La resiliencia, o sea la capacidad de un individuo de mantener niveles productivos aceptables a pesar de la infección parasitaria, puede ser medida de diferentes formas según el parásito en estudio. Es así que para *Haemonchus contortus* se puede utilizar el Hematocrito (Ht) y para *Trichostrongylus colubriformis* un escore de diarrea (Dag Score), encontrándose en Nueva Zelanda referencias que involucran varios parámetros y utilizan el nivel de requerimiento de tratamiento (TDR Total Drench Requirement). Fundamentalmente debido al nematodo estudiado y por ende el parámetro chequeado, la correlación entre resistencia y resiliencia no siempre es la misma. Woolaston y Piper (1996) describen una correlación fenotípica de 0.48 entre HPG y PCV (Ht) y Albers et al. en 1987 encuentran una alta correlación (0.56) entre resistencia y resiliencia, mientras que por otro lado Bisset y Morris (1996) no encontraron asociación significativa entre resistencia y resiliencia.

En estudios iniciados en 1994, Eady et al. (1996), concluyen que la correlación entre HPG y peso vivo al destete, peso vivo a los 18 meses y producción de lana no es diferente a cero. Sin embargo, Mac Ewan et al. (1995) encontraron una correlación genética desfavorable entre el HPG y la tasa de crecimiento y Howse et al. (1992) encontraron una correlación genética desfavorable entre HPG y producción de lana. También Morris et al. (2000), encontraron que las líneas seleccionadas por bajo HPG presentaban menor peso al destete, más acumulación de materia fecal en los cuartos traseros (escore de

diarrea), menor peso de vellón y mayor tasa reproductiva, con respecto a líneas seleccionadas por alto HPG.

Parte de estas controversias parecen aclararse desde el momento que se realizaron estudios con animales resistentes y susceptibles pastoreando juntos o separados. En este último caso, Bisset y Morris (1996) no encontraron efectos significativos en la producción de las diferentes líneas y se pudo detectar un claro impacto epidemiológico que se tradujo en una menor acumulación de materia fecal en los cuartos traseros (Dag Score). Algunos autores explican esta menor producción de los animales resistentes cuando pastorean junto a animales susceptibles a un continuado gasto energético utilizado para controlar la parasitosis.

La correlación entre ambas características es variable debido a que la resiliencia varía de acuerdo al parámetro medido y a que este depende del parásito considerado. A modo de ejemplo, *Haemonchus contortus* es un parásito hematófago que provoca fundamentalmente anemia y muerte, mientras que *Trichostrongylus colubriformis*, provoca interferencia con la digestión, diarrea, pérdida de peso y menor producción de lana. En el primer caso una de las maneras de medir la resiliencia es a través del hematocrito y en el segundo a través de la evolución de peso vivo.

Es así que Albers et al. (1987), para infecciones de *Haemonchus contortus*, encontraron una correlación genética positiva de 0.56 entre resistencia (medida a través del HPG) y resiliencia (medida como disminución del peso vivo). También Woolaston (1994) encontró en Merino Australiano una alta correlación positiva entre resistencia y resiliencia frente a infecciones de *Haemonchus contortus*. Woolaston y Piper (1996), describieron una correlación fenotípica entre HPG y PCV de 0.48. mientras que por otro lado Bisset et al. (1994a) con la raza Romney Marsh y frente a *Trichostrongylus spp* y *Ostertagia spp*, no encontraron asociación entre resistencia y resiliencia.

Un segundo plano de la discusión se presenta en la utilización de métodos naturales o artificiales de infección. Obviamente que si el ambiente en donde los animales son evaluados no determina niveles mínimos de desafío parasitario se deben recurrir a métodos de infección artificial. Sin embargo, aún en medios epidemiológicamente favorables para el desarrollo parasitario, los métodos artificiales presentan algunas ventajas, en el sentido de que el nivel de infección, la edad de los animales y la especie de nematodo, están perfectamente controlados. Pero no necesariamente todas estas razones son ventajas, ya que en general los animales son evaluados en el medio ambiente donde naturalmente después son criados, por lo que la infección natural, que es a la que después se van a ver expuestos, parecería ser la más adecuada. En el caso particular de Uruguay, el método de infección natural fue el recomendado por A. Swan en el 2000 y no ha ofrecido mayores inconvenientes para su ejecución desde 1994 a la fecha. En el estudio epidemiológico realizado por Nari et al. (1977) se observa un aumento importante de las parasitosis en otoño generado básicamente por *Haemonchus contortus*. En este estudio los animales son destetados y dosificados en enero, con 4 meses de edad y el HPG1 se realizó en junio, abril, abril, abril y mayo para las generaciones del 2000 al 2004 respectivamente. En estos

Haemonchus contortus fue el 42%, 94%, 96%, 93% y 92% respectivamente. El segundo HPG en general se realizó julio, salvo una excepción que fue en noviembre y otra en septiembre. En este caso, los resultados están compuestos por más de un género parasitario, básicamente una combinación de *Haemonchus sp.* y *Trichostrongylus sp.*, 81-1%, 53-47%, 53-47%, 11-89% y 45-55% respectivamente.

2.3 Caracterización del problema

Los antecedentes sobre el problema parasitario muestran claramente las dificultades actuales en el control de nematodos gastrointestinales de ovinos y la necesidad de desarrollar otras alternativas en el control.

La investigación en otros países ha permitido incluir a la resistencia genética a nematodos gastrointestinales en programas de control integrado de parásitos.

En Uruguay se ha generado un volumen importante de datos que analizados ofrecerán una idea precisa de los parámetros genéticos relacionados al recuento de huevos de nematodos gastrointestinales para la raza Corriedale.

Los resultados serán de utilidad en la elaboración de planes de mejoramiento genético que involucren esta característica y que determinen a través de una mejora genética de la resistencia a parásitos una menor dependencia del control químico.

3. Objetivos

General

- Estudiar la posibilidad y las implicancias de la inclusión de la resistencia genética a nematodos gastrointestinales en futuros planes de mejora genética de ovinos Corriedale en el Uruguay.

Específicos

- Determinar la heredabilidad del recuento de huevos por gramo (HPG) para ovinos Corriedale en el Uruguay.
- Correlacionar genéticamente al HPG con características productivas de importancia económica como peso de vellón sucio (PVS); peso de vellón limpio (PVL); Diámetro (D); peso vivo (PV).

4 Materiales y métodos

4.1. Población animal en estudio y establecimientos participantes.

Para este estudio se utilizaron los corderos nacidos desde el año 2000 hasta el año 2004 y que formaron parte del Programa Global de Evaluación Genética Poblacional de la Raza Corriedale. En este intervinieron las 2 Centrales de Prueba de Progenie Corriedale (CPPC), 1 núcleo experimental del SUL y 9 establecimientos comerciales, todos conectados entre sí. El estudio comprendió 5.116 progenies de 185 carneros de los cuales 52 oficiaron de conexión, por lo que fueron utilizados en más de un año o en más de un establecimiento.

La población en estudio se considera altamente representativa de la raza Corriedale del Uruguay y estarían comprendidos en el estrato I definido por Cardellino (1992) debido a que los establecimientos son participantes de la única evaluación genética de la raza y venden anualmente reproductores a cabañas multiplicadoras o bien directamente a majadas generales comerciales, por lo que directa o indirectamente la majada general Corriedale del Uruguay está ligada a estos establecimientos (Aguerre y Coronel 2008).

Cuadro I.- Número de progenies evaluadas según año y establecimiento

Establecimiento/año	2000	2001	2002	2003	2004
CPP “Dr.A.Gallinal” (02)	426	394			
CPP “P.Narbondo” (04)	446	270	309	230	326
La Tapera conexión (11)			52	41	52
Sierra de los Olivos (15)			130		150
El Piramidal (17)			39	78	179
Pai La Orejana (18)			156	195	98
El Aguará (20)			184		268
La Esperanza (21)			190		138
La Lucha (22)			147	124	136
Núcleo CIEDAG (25)			63	52	
Sta. Ema de la Costa (28)				109	
Refugio (32)					134
Total					5116

Ref.: entre paréntesis, número de identificación del establecimiento en la base de datos del SUL

Los establecimientos estuvieron ubicados: 1) CPP “Dr. Alberto Gallinal” en el establecimiento “Tornero” departamento de Florida; 2) CPP “Pedro Narbondo” en el establecimiento “La Tapera” departamento de Artigas; 3) Núcleo experimental en el Centro de Investigación y Experimentación “Dr. Alejandro Gallinal” en el departamento de Florida; 4) “Sierra de los Olivos” en Florida; 5) “El Piramidal” en Tacuarembó; 6) “Pai La orejana” en Tacuarembó; 7) “El Aguará” en Durazno; 8) “La Esperanza” en Tacuarembó; 9) “La Lucha” en Soriano; 10) “La tapera conexión” en el paraje Sequeira del departamento de Artigas 11) Santa Ema de la Costa en Florida y 12) Refugio en Florida. Como puede observarse en el mapa (figura 2), una de las CPP se encuentra ubicada en

el norte del país y la otra en el sur y los establecimientos tienen una mayor concentración en el sur.

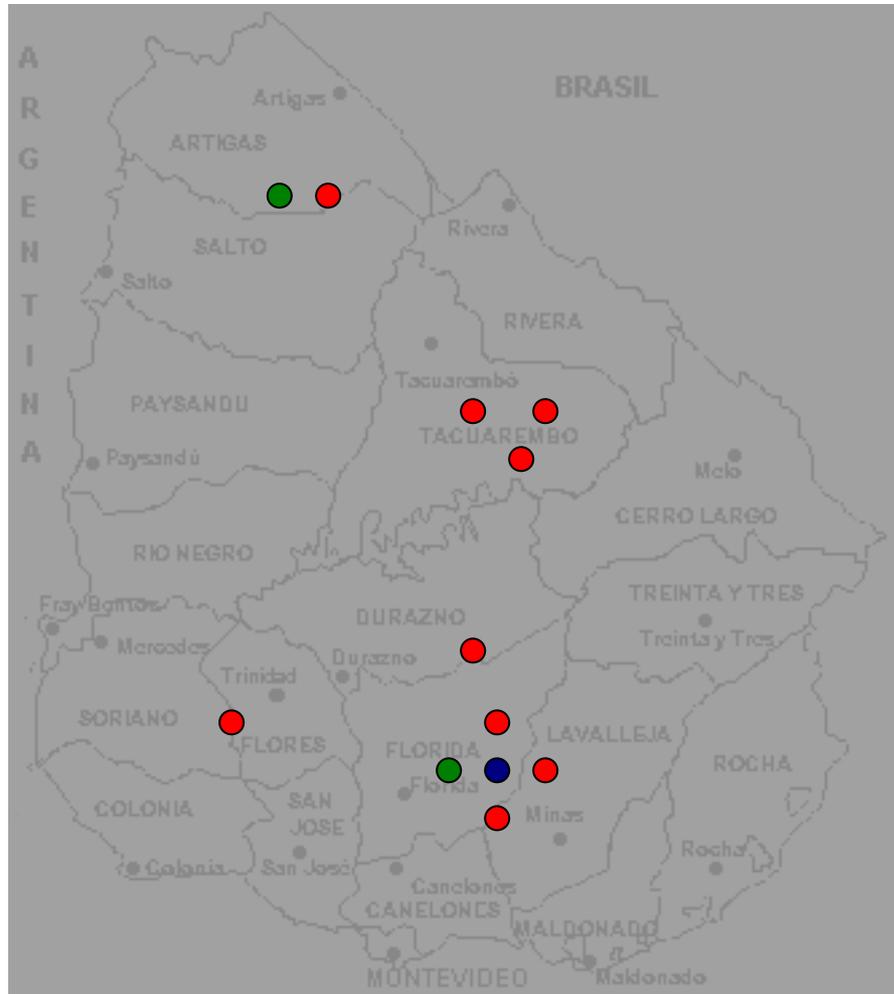


Figura 2.- Ubicación geográfica de los establecimientos. En verde las CPP, en azul el Núcleo-SUL-CIEDAG y en rojo los establecimientos comerciales.

En los primeros dos años la evaluación se realizó exclusivamente en CPP con reproductores provenientes de diferentes establecimientos. A partir del año 2002 se incorporaron establecimientos comerciales y se continuó con una sola CPP (Cuadro I).

4.2. Conexiones entre años y entre establecimientos.

Las CPP y los establecimientos, entre sí y a su vez entre años, se conectan a través de carneros de referencia. Dichos carneros se utilizan en un año, en dos o más establecimientos y/o nuevamente al año siguiente. De esta forma los establecimientos y CPP entre sí y entre años quedan conectados genéticamente.

Cuadro II.- Carneros utilizados en conexión según año y/o establecimiento

Establecimiento Carnero	2000		2001		2002								2003				2004																	
	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	2	0	1	1	1	1	2	2	2	2	3									
PIRAMIDAL 4C175	2	4	2	4	4	1	5	7	8	0	1	2	2	5	4	1	7	8	2	8	4	1	5	7	8	0	1	2	2	2	3	2	1	
YEPARA 2723				1		1																											2	
BALIDO 1833														1																			1	
LA TAPERA 2851	1	1		1																													3	
GUR 3246																									1								1	
LA MULITA 1938	1	1																															2	
SIERRA OLIVOS430	1						1								1									1									4	
ZERCA 6035		1		1																													2	
AGUARA 5740		1												1																			2	
CUMBER 1166		1		1																													2	
VETERANO 1994		1												1																			2	
CPP 05			1												1						1												3	
SCREMINI C 30			1																														1	
AGUARA 6364			1		1	1				1	1																						5	
DOÑA ELISA 218			1		1																												2	
PIRAMIDAL 9HM4				1	1			1																									3	
GAMBETTA 4849				1																													1	
LA LUCHA 4226				1																1	1												3	
AGUARA 6660						1									1						1												3	
MEGA 65												1														1							2	
AGUARA 6610					1	1					1																						3	
AGUARA 6621											1															1								2
PIRAMIDAL 8958									1				1																					2
LA LUCHA 9V						1	1					1												1					1				5	
LA LUCHA 3465						1							1																					2
DON ALFREDO 214									1		1																							2
PAMPAL 1188									1									1																2
CUMBER 370					1										1									1										3
GAMBETTA E3							1						1																					2
GAMBETTA 29													1								1								1					4
MARISCALA 105					1																													1
SIERRA OLIVOS257							1														1													2
ARROYO NEGRO						1																		1										2
RESGEN SUL 3822															1																			1
SAN GERARDO 004					1																													1
EL TORNERO 1267																									1									2
LA MULITA 3138															1		1																	2
LA PRADERA 13															1																			2
GAETAN 1959																															1	1		2
LA LUCHA 4587																				1				1								1		3
GURI 3766																								1	1									4
YEPARA 3214																1		1																3
GURI CHICO T79																									1									3
AGUARA 7578																																		2
CLIFTON ER55/01																								1	1	1								5
MARISCALA 0029																									1									1
REF 274																																		1
TEHUEL AIKE 7042																																		2
LA LUCHA 4724																																		1
AGUARA 7898																																		1
AGUARA 7932																											1							2
SIERRA OLIVOS 24																												1						1
	3	6	4	7	7	5	5	3	2	4	6	1	5	7	2	1	3	2	4	7	4	4	2	3	7	6	4	2						

4.3. Programa de evaluación genética global.

En Uruguay las evaluaciones genéticas en ovinos comenzaron en 1994 con la instalación de la primer Central de Pruebas de Progenie (CPP) y se constituyó en un programa de evaluación genética global que involucra CPP y establecimientos a partir del año 2002. El funcionamiento general se basa en un protocolo preestablecido que considera algunos aspectos fundamentales:

- a) Registro completo de la **genealogía** (pedigree) del animal.
- b) **Conexión** con otros establecimientos o CPP (entre y dentro de años), a través de carneros de referencia.
- c) Asignación de **lotes de vientres homogéneos** que asegure un número mínimo de hijos (n=20) por carnero evaluado.
- d) **Manejo conjunto** de vientres y progenie. Aunque pueden manejarse por separado machos de hembras, e inclusive formarse dos grupos de manejo en machos siempre y cuando quede claramente registrado (grupos de manejo).
- e) Registrar una serie de **características obligatorias**, aunque en el caso del HPG se encuentra entre las opcionales.

4.4. Registros.

4.4.a Identificación y genealogía de los animales y registros meteorológicos.

En el servicio (encarnerada), las hembras son servidas, en la mayoría de los casos, por un carnero en monta natural o mediante inseminación artificial. En la parición de cada cordero se registra: padre y madre, fecha de nacimiento, peso al nacer, sexo, tipo de parto y edad de la madre. La metodología del registro de nacimientos se realiza, con pequeñas variaciones de orden práctico según el establecimiento, de la siguiente manera: antes de parir las ovejas son esquiladas y se pintan números correlativos en el cuerpo de manera que puedan ser vistos a varios metros de distancia sin necesidad de agarrar la oveja. Ese número se corresponde con la identificación permanente de la oveja y que por otro lado desde la encarnerada tiene identificado el carnero que la sirvió. Al parir, luego que se estableció el vínculo madre e hijo, se toma el cordero en el mismo potrero de parición y se lo tatúa en la oreja con un número correlativo y una clave del año y se anota el número de la madre. Es así que a partir del tatuaje del cordero queda perfectamente registrado el padre, la madre y toda la genealogía.

En el momento de la señalada los corderos son re-identificados mediante caravanas cuyo número se corresponde con el tatuaje permanente y de forma de tener un método de identificación más rápido.

Si bien existen registros meteorológicos en la mayoría de los establecimientos para la caracterización climática de los años en que se desarrolló la evaluación se presentan los registros de la “Estación Experimental del SUL”.

En esta se encuentra una de las majadas evaluadas y queda a tan solo 16 Km. de la C.P.P. “Dr. Alberto Gallinal” y a no mas de 100 km. del resto de los establecimientos participantes, excepto los dos establecimientos situados al norte del país que están a una distancia de 350 km.

Se registraron 2 veces al día la temperatura media en grados centígrados al abrigo/caseta, las precipitaciones diarias acumuladas en milímetros y la formación de heladas agrometeorológicas y se comparó con la media histórica de mas de 20 años registrada para ese lugar desde 1986 hasta el 2007.

4.4.b Parasitológicos.

Los animales son evaluados para la característica del recuento de huevos de nematodos HPG, mediante una metodología definida en 1994 y que no ha variado hasta la fecha. Se extraen 2 muestras de materia fecal de infecciones parasitarias desarrolladas en forma natural y correspondientes a 2 ciclos parasitarios independientes y separados entre sí por un tratamiento antihelmíntico.

En el momento del destete los corderos se dosifican con una combinación de antihelmínticos de probada eficacia para cada establecimiento pero que, en general, combinó principios activos del grupo de los Organofosforados (Naftalophos) y de las Lactosas Macroclínicas (Ivermectina). Entre 8 y 14 días luego de este tratamiento se extraen muestras a 20 corderos al azar a los efectos de comprobar la eficacia del tratamiento asegurándose que los recuentos hayan bajado a “cero”. A partir de ese momento, se realizan monitoreos quincenales a una muestra al azar de 15-20 corderos como forma de seguir la evolución de los niveles promedios de HPG. Cuando en el monitoreo de la muestra el promedio aritmético es mayor a 500 HPG y con no más del 20% de las muestras con resultados de “cero”, se realiza el muestreo general individual de cada uno de los corderos. Las muestras son extraídas directamente del recto del animal y envasadas en bolsas de polietileno y debidamente refrigeradas e identificadas con el número del animal, se remiten al laboratorio que corresponda. Cuando este procesa al menos 50 muestras y confirma que la carga mínima es la adecuada (mayor a 500 HPG), los corderos son dosificados con la combinación antihelmíntica descrita anteriormente. A partir de este tratamiento, nuevamente entre los 8 y los 14 días 20 corderos son muestreados para comprobar la eficacia del antihelmíntico y nuevamente monitoreados hasta que la carga supere los 500 HPG, en las condiciones estipuladas para el muestreo general anterior. En ese momento se realiza un segundo muestreo general individual. Una vez realizados los 2 muestreos los corderos quedan en el régimen de control parasitario que en cada uno de los establecimientos se estime conveniente.

En el laboratorio el recuento de huevos por gramo se realizó mediante la técnica de Mac Master modificada por Withlock con una sensibilidad de 100. Los laboratorios que realizaron los análisis fueron el “Laboratorio de Salud Animal” del SUL Cerro Colorado, el de la “División Parasitología” de la D.I.L.A.V.E. “M. C. Rubino” y el “Laboratorio de Sanidad Animal” del INIA Tacuarembó. Todos los laboratorios trabajaron siguiendo el mismo protocolo que consistió en pesar 2 grs. de materia fecal y disolverla con un poco de agua sobresaturada en sal

(Densidad 1020); luego completar hasta 60 CC; homogeneizar, colar y de la muestra colada tomar una muestra y cargar la cámara de Mac Master que presenta 2 compartimentos de 0.15 CC cada uno. El número de huevos contados en ambos compartimentos se multiplica por 100 y es el número de huevos por gramo de materia fecal de la muestra. Con el sobrante de materia fecal se forma un pool al que se le agrega Vermiculita para mejorar las condiciones de aireación, se lleva a estufa de cultivo entre 20-25°C y se mantiene húmedo con el agregado de agua destilada durante 10 días hasta la formación y obtención de larvas de tercer estadio con las que se realiza la identificación porcentual de géneros de nematodos presentes.

4.4.c Productivos.

Todos los corderos fueron esquilados a los tres meses de edad, a los efectos de homogeneizar las fechas de producción de lana y antes del 30 de septiembre del año siguiente al nacimiento con aproximadamente un año de edad y nueve meses de lana, fueron nuevamente esquilados para la realización del Flock-Testing. En el momento de la esquila se pesó todo el vellón (lana total) y se extrajo una muestra de 150 grs. de la zona media del costillar, la cual debidamente identificada se remitió al laboratorio de lanas del SUL. Allí de la muestra se pesaron 100 grs. que se sometieron a un tren de lavado de 4 piletas con diferentes detergentes para que luego de terminado el proceso de lavado y con la muestra seca se volviera a pesar obteniéndose de esa manera el rendimiento al lavado de la muestra. Con este y el peso del vellón sucio (PVS) obtenido en el momento de la esquila, se calcula el peso del vellón limpio (PVL). A su vez de la muestra de la lana lavada y seca se extrae una segunda muestra que se utiliza para medir el diámetro promedio de fibras (D) en micras (μ) con su correspondiente coeficiente de variación por medio de Laser Scan bajo la norma IWTO12-00. Los corderos luego de esquilados se pesaron en una balanza con una sensibilidad de al menos 500 grs y de esa manera se registró el peso vivo (PV), que puede ser incluido en los datos remitidos al laboratorio de lanas conjuntamente con las muestras.

4.5. Análisis estadístico.

Los datos son ingresados en el programa “Sistema Uniforme de Levantamiento y Almacenamiento de Registros” (SULAR) desarrollado por Gimeno, Coronel y Balduvino (SUL). Dicho programa tiene un módulo de ingreso de datos denominado “progenie/productor” y otro módulo de manejo, ordenamiento y análisis denominado “módulo central”.

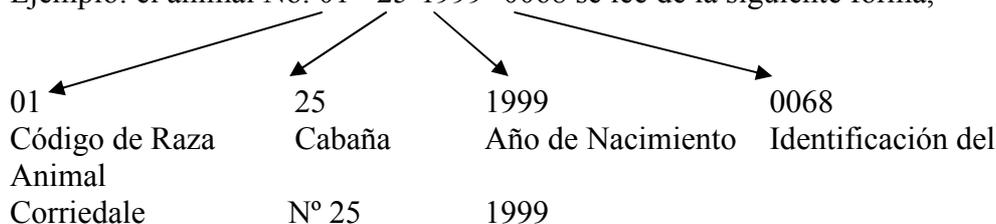
Los resultados del laboratorio de lanas se remiten directamente al “módulo central” del programa SULAR lo mismo que el PV a la esquila, en la medida que este se haya incluido en las tarjetas de remisión al laboratorio.

En el módulo central cada animal queda con una identificación única e irrepetible de 12 dígitos de los cuales los 2 primeros son un código de raza, luego 2 para identificar la cabaña, 4 para el año de nacimiento y los últimos 4 son para cada individuo en particular.

IDENTIFICACION RRCCAAAANNNN

RR Código de la raza.
CC Código de la cabaña inscrita en el sistema.
AAAA Año de nacimiento del animal.
NNNN Identificación del animal en la cabaña.

Ejemplo: el animal No. 01- 25-1999- 0068 se lee de la siguiente forma,



En dicho programa queda registrada toda la genealogía del animal, sus registros de HPG y las características productivas (Coronel y Gimeno 2004).

La distribución de nematodos parásitos en una población de ovinos es muy particular donde la mayor cantidad de parásitos están en una proporción menor de la población ovina y donde una gran cantidad de huéspedes están poco o hasta inclusive no parasitados. La alta correlación que existe entre el número de parásitos y el recuento de huevos (McKenna 1981) determina entonces una distribución del HPG del tipo binomial negativa.

Debido a esta distribución no normal de los valores de HPG y a que los programas estadísticos y genéticos utilizados asumen homogeneidad de varianzas la normalización de los datos mediante algún tipo de transformación es una necesidad clara de forma de no violar principios básicos y para ello, según cada estructura de datos en particular es que una u otra transformación pueda ser la más adecuada (Eady 1995).

Por otro lado y a los efectos de evitar el “cero” como resultado y las complicaciones que esto tiene para las transformaciones y posterior análisis, a cada uno de los resultados se le sumó 1.

Para el cálculo de los efectos fijos y el error se utilizó el siguiente modelo:

$$y_{ijk} = GC_i + p_j + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = es una transformación del conteo de huevos por gramo del $k^{\text{ésimo}}$ cordero que pertenece al $i^{\text{ésimo}}$ grupo contemporáneo u es hijo del $p^{\text{ésimo}}$ carnero.

GC_i = es el efecto fijo del $i^{\text{ésimo}}$ grupo contemporáneo, definido como los animales nacidos en el mismo año y cabaña, del mismo sexo y manejados en el mismo lote de manejo.

p_j = efecto aleatorio del $j^{\text{ésimo}}$ padre, $p \sim N(0, \sigma_p^2)$

e_{ijk} = error aleatorio, $e \sim N(0, \sigma_e^2)$

Se analizaron diversas transformaciones para HPG: logaritmo neperiano (LN), logaritmo en base 10 (L_{10}), raíz cuadrada (R2) y raíz cúbica (R3). Además se estandarizaron según el grupo contemporáneo a que pertenece el animal a los efectos de considerar la diferencia en variación entre grupos.

Se graficaron los residuales de cada una de las transformaciones según los predichos de cada modelo y los grupos contemporáneos.

La normalidad se analizó mediante gráficas tipo QQ y PP de ajuste a la distribución e histogramas. Se usaron también los test de hipótesis de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, Cramer-von Mises y Anderson-Darling

Un primer estudio del HPG 1 y 2 fue realizado mediante el procedimiento estadístico REML (estimación máxima verosimilitud restringida), a los efectos de estimar la heredabilidad de cada uno y por otro lado la repetibilidad y la correlación genética entre ambos.

Las estimaciones de (co)varianzas genéticas aditivas y residuales de HPG y otros caracteres de interés económico como PVS; PVL; D y PV, se estimaron con el software GIBBS2TEST desarrollado por el Dr. Ignacy Misztal de la Universidad de Georgia.

Se definió un modelo animal multicaracter bayesiano con el procedimiento de muestreo de Gibbs para obtener las distribuciones a posteriori de los parámetros de interés. Se uso solo una cadena de 500000 ciclos con un período de calentamiento del 10% (50000) y las muestras se guardaron cada 50 ciclos. La convergencia se analizó graficando las (co)varianzas en relación a los ciclos, las correlaciones lag 1, 10 y 50 y los test del programa BOA (Bayesian Output Análisis).

Las distribuciones a posteriori de heredabilidad y correlaciones genéticas aditivas, residuales y fenotípicas se hicieron con las cadenas de las covarianzas aditivas y residuales.

La heredabilidad para cada carácter i (i : HPG, PVS, PVL, D, PC)

$$h_i^2 = \frac{\sigma_{A_i}^2}{\sigma_{P_i}^2}$$

La correlaciones genética aditivas entre el carácter i y j ($i \neq j$).

$$r_{A_i,j} = \frac{Cov(A_i, A_j)}{\sigma_{A_i} \sigma_{A_j}}$$

Las correlaciones fenotípicas entre el carácter i y j ($i \neq j$).

$$r_{P_i,j} = \frac{Cov(P_i, P_j)}{\sigma_{P_i} \sigma_{P_j}}$$

Las correlaciones residuales entre el carácter i y j ($i \neq j$).

$$r_{E_i,j} = \frac{Cov(E_i, E_j)}{\sigma_{E_i} \sigma_{E_j}}$$

Las distribuciones a posteriori se describieron mediante estadística descriptiva como la media y el desvió estándar.

5 Resultados

5.1 Caracterización del clima en los años considerados.

El Uruguay por ser un país territorialmente chico se encuentra enteramente en zona templada con las cuatro estaciones del año bien definidas y un régimen de precipitaciones promedio de 1200mm uniformemente distribuidos a lo largo del año (figura 3).

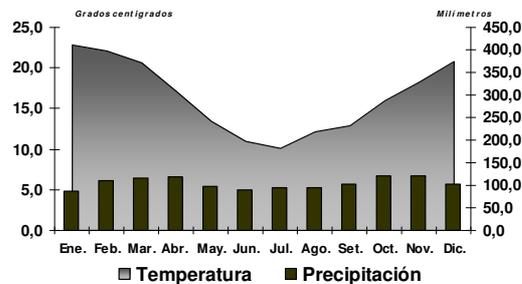


Figura 3.- Evolución de la temperatura a partir de la temperatura mensual promedio y precipitación mensual acumulada en promedio para 22 años (1986/2007) en la estación experimental del SUL en Cerro Colorado-Florida

Sin embargo cuando analizamos algún año en particular, nuestro clima presenta una gran variabilidad y nuestros registros de los años en que realizamos la evaluación (2001 al 2005) no escapan a esa característica (figuras 4, 5, 6, 7 y 8).

La epidemiología de los nematodos gastrointestinales está íntimamente ligada al clima y en nuestro caso sobretodo al nivel de precipitaciones. Metodológicamente nosotros trabajamos con una infección natural por lo que las características climáticas particulares de cada año van a determinar las especies parasitarias involucradas en la evaluación y sobretodo el momento (edad) en que esta se desarrolle.

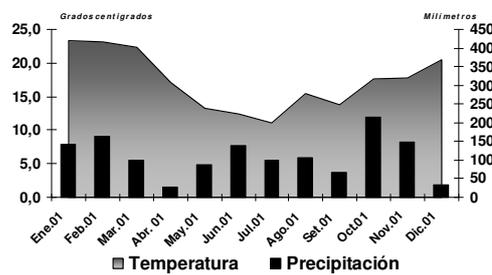


Figura 4.- Evolución de la temperatura a partir de la temperatura mensual promedio y precipitación mensual acumulada para el año 2001

Las características más destacables del año 2001 fueron las escasas precipitaciones en otoño, que determinaron que el muestreo para el HPG1 fuera el que se atrasara más de todos los años considerados y se efectuara recién en junio (cuadro III). Este atraso, a su vez, determinó que el muestreo para el HPG2 recién fuera realizado en el mes de noviembre con posterioridad a las precipitaciones de octubre (figura 4).

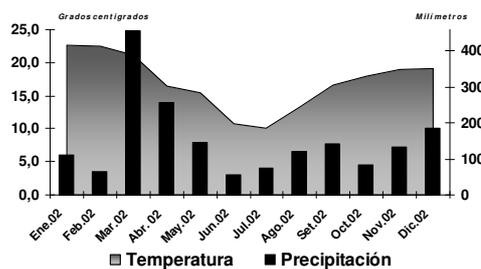


Figura 5.- Evolución de la temperatura a partir de la temperatura mensual promedio y precipitación mensual acumulada para el año 2002

En el año 2002 las abundantes precipitaciones del mes de marzo determinaron niveles de parasitosis para el HPG1 en el mes de abril. Sin embargo, a partir de ese momento el invierno se presentó relativamente seco y los animales recién estuvieron con recuentos de HPG para realizar el segundo muestreo en el mes de septiembre, lo que determinó la mayor amplitud de tiempo entre el HPG1 y el HPG2 (cuadro III).

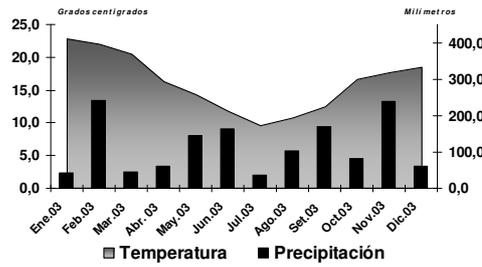


Figura 6.- Evolución de la temperatura a partir de la temperatura mensual promedio y precipitación mensual acumulada para el año 2003

Las precipitaciones superiores a los 200mm en el mes de febrero de 2003 determinaron que el muestreo para el HPG1 se realizara los primeros días de abril. El segundo muestreo de HPG se realizó en el mes de julio luego de las precipitaciones de mayo y junio (figura 6).

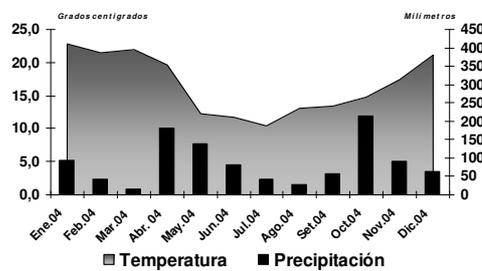


Figura 7.- Evolución de la temperatura a partir de la temperatura mensual promedio y precipitación mensual acumulada para el año 2004

El año 2004 se caracterizó por un verano muy seco con precipitaciones en febrero y marzo muy por debajo de lo normal, sin embargo, en abril se registraron 180mm que determinaron rápidamente una escalada parasitaria y niveles de muestreo para HPG1 y como las precipitaciones continuaron siendo importantes el segundo muestreo (HPG2) se realizó dos meses y medio después.

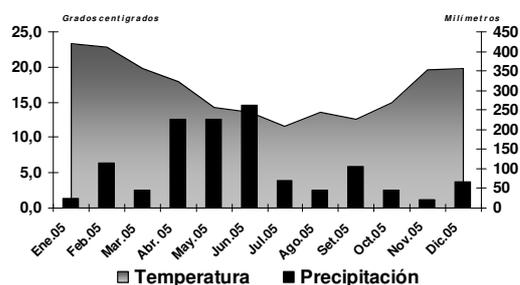


Figura 8.- Evolución de la temperatura a partir de la temperatura mensual promedio y precipitación mensual acumulada para el año 2005

En el año 2005 los muestreos para el HPG1 y HPG2 se realizaron en los meses de mayo y julio respectivamente. Estos se dieron a continuación de las precipitaciones abundantes y superiores a la media de abril, mayo y junio (figura 8).

En términos generales la escalada parasitaria (parasitiasis) estuvo íntimamente ligada al nivel de precipitaciones y dentro de ciertos márgenes, en el primer año de vida, siempre se dan condiciones de parasitosis que determinan los niveles mínimos de HPG para realizar los muestreos.

5.2. Géneros parasitarios y edad de muestreo

En los muestreos correspondientes a las CPP y el núcleo SUL-CIEDAG, identificados como 02, 04 y 25 en el cuadro III están registradas la edad promedio de los animales en el momento del muestreo y la proporción porcentual de géneros parasitarios presentes en el cultivo de larvas en promedio y para cada uno de los muestreos, mientras que en el resto de los establecimientos, la información no es completa y fue excluida del presente análisis.

En esta información parcial generada queda clara la concordancia con la información epidemiológica general publicada por Nari et al (1977) (figura 1) donde el género *Haemonchus sp.* fue el más prevalente en el 80% de los muestreos, ocupando el segundo lugar el género *Trichostrongylus sp.* Este último apareció en mayor porcentaje que *Haemonchus sp.*, en los HPG2 de los muestreos de julio de 2004 y julio de 2005. En todos los casos en el HPG1 *Haemonchus sp.* fue el género más prevalente, representando más del 90% de las larvas identificadas en el 2002, 2003, 2004 y 2005 (figura 9).

Cuadro III. Mes de muestreo, nematodo involucrado y edad de los animales en el momento del muestreo, según año y para las CPP y el núcleo del SUL.-

Año de muestreo	Mes de muestreo	<i>Haemonchus sp (%)</i>	<i>Trichostrongylus sp (%)</i>	HPG	Edad promedio (meses)
2001	Junio	42	31	1	9
	Noviembre	81	2	2	14
2002	Abril	94	4	1	7
	Septiembre	53	47	2	12
2003	Abril	96	4	1	7
	Julio	53	47	2	10
2004	Abril	93	7	1	7
	Julio	11	89	2	10
2005	Mayo	92	7	1	8
	Julio	45	55	2	10
Promedio general		66	30	1	7,6
				2	11,2

Ref.: Otros géneros parasitarios como *Nematodirus sp Oesophagostomun sp. Strongyloides sp* y *Teladorsagia (Ostertagia) sp.*, se identificaron en bajo porcentaje y no se presentan en este cuadro.

En el primer muestreo la edad promedio fue de 7,6 meses mientras que para el segundo muestreo fue de 11,2 meses (cuadro III). El rango de edades fue un poco menor en el HPG1 (7-9 meses) que en el HPG2 (10-14 meses).

En concordancia con estos datos, Castells (2006) comunica una edad promedio de los corderos de las 2 CPP entre 1994 y 1998 de 7,5 (5-15) meses para el HPG1 y de 10,6 (6,5-19) meses para el HPG2. El rango en esta referencia es un poco más amplio debido a que se presentó un año excepcionalmente seco en el norte del país que atrasó sensiblemente ambos muestreos en la CPP “P. Narbondo” y que recién se realizó a los 15 meses para el HPG1 y 19 meses para el HPG2.

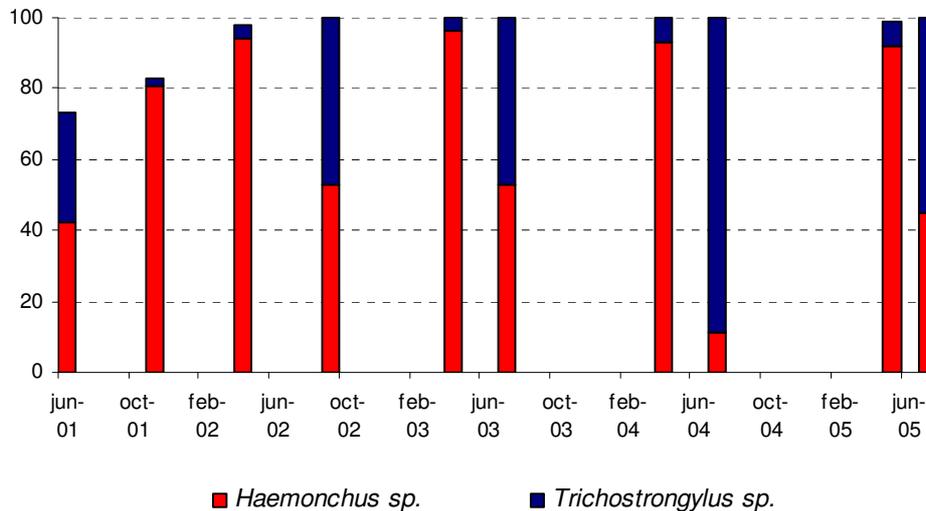


Figura 9.- Representación gráfica de la proporción de los 2 géneros parasitarios mas importantes (*Haemonchus sp* y *Trichostrongylus sp*), presentes en los 10 muestreos de los 5 años.

5.3. Distribución y transformación de los datos.

El recuento de huevos eliminados en la materia fecal es una medida indirecta y representativa de la carga parasitaria de los animales. Por otro lado, la distribución del número de nematodos en una población ovina, no es normal. Comunicaciones previas realizadas por Castells (2005b) muestran claramente un tipo de distribución binomial negativa para los fenotipos del HPG de dos poblaciones Corriedale de 310 y 460 corderos. Por otro lado Eady (1995) deja claras las implicancias que tiene la distribución no normal de los HPG. Por ello una primera evaluación de la distribución de los datos y la transformación necesaria para normalizarlos resulta indispensable y un paso previo a los análisis del caso. En la bibliografía internacional distintos autores encontraron a diferentes transformaciones como la más adecuada a su estructura de datos, por lo que queda claro que en cada caso en particular es razonable explorar e identificar la mejor transformación.

5.3.a Análisis de los datos del HPG1

5.3.a.a. Fenotípicos sin ajustar

Las medidas de tendencia central y dispersión de los resultados directamente observados (fenotípicos) permiten la identificación de algunos aspectos propios del HPG. Si bien los muestreos se realizan cuando la media de los animales monitoreados supera los 500 HPG, como el monitoreo no es

continuo y para el muestreo general hay que combinar actividades de campo y de laboratorio para que el procesamiento de las muestras se realice en tiempo y forma, en el momento de realizar el muestreo la media superó largamente los 500 HPG y el promedio general fue de 1603 (cuadro IV). Por otro lado el valor más frecuente es cero (moda = 1) lo que está indicando un porcentaje elevado (7%) de animales en los que con la sensibilidad utilizada no se detectaron huevos de nematodos en la materia fecal.

Las medidas de dispersión se caracterizan por ser elevadas, con una desviación típica (1895) que supera los valores de la media (1603) y un coeficiente de variación del orden de 118%.

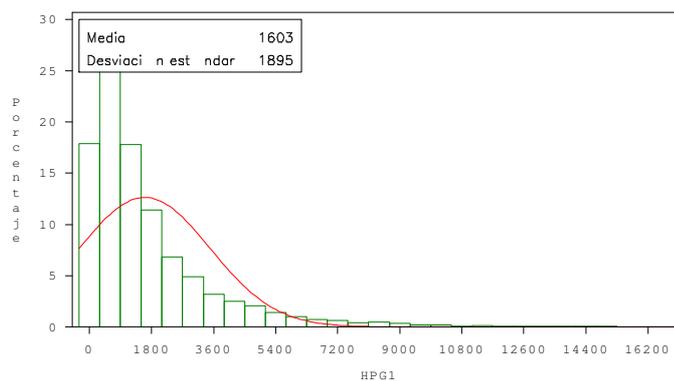
Cuadro IV.- Medidas estadísticas básicas de los datos del HPG1 sin transformar.

N	Media	Mediana	Moda	Varianza	C.V.	Desv. típica	Asimetría	Curtosis
5155	1603	1000	1	3590716	118	1895	2.5429	9.065

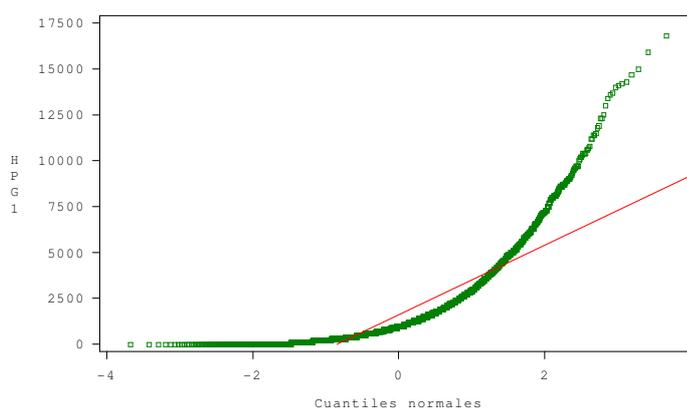
Ref.: N=número de animales testados. C.V.=coeficiente de variación. Desv. Típica= desviación típica

Los resultados están dentro de lo esperado para el tipo de distribución descrita, donde la media (1603), la mediana (1000) y la moda (1) no coinciden por lo que no tenemos una distribución Gaussiana o normal. Además los valores de tendencia central están muy alejados entre sí y el valor de la mediana es mas bajo que la media, correspondiéndose con una asimetría importante (2.54) y de sesgo positivo. La amplitud encontrada entre la tres medidas de tendencia central (Media, Mediana y Moda), los elevados valores de dispersión (desviación típica, varianza y coeficiente de variación) y sobre todo los elevados valores de asimetría y curtosis, confirman la necesidad de transformar los datos a los efectos de no violar principios básicos como la homogeneidad de varianzas que asumen los análisis posteriores.

Distribucion fenotipica de HPG1



Distribucion fenotipica de HPG1



Figuras 10 y 11. Representación gráfica de la distribución de los datos del HPG1 sin transformar agrupados en histogramas o cuantiles

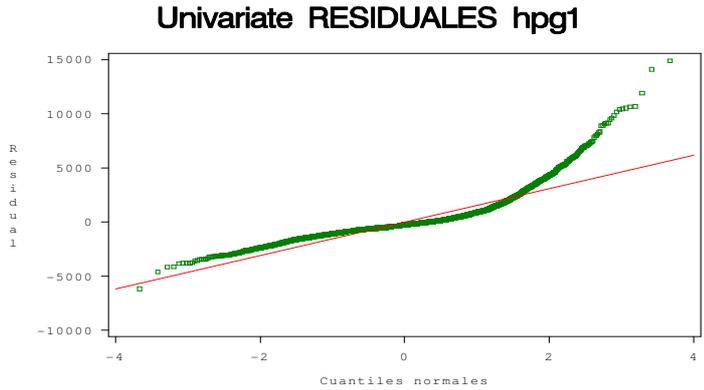
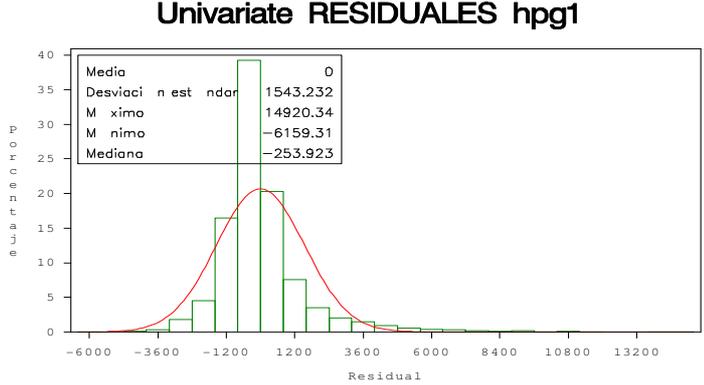
En la representación gráfica se destaca en los histogramas el agrupamiento de datos sobre la izquierda con una pronunciada curtosis y la cola a la derecha determinada por pocos animales con valores muy altos, que no se aprecian claramente en los histogramas pero si en los cuantiles. Esta representación, muestra claramente como los datos no se acumulan siguiendo la recta, sobretodo en los valores más altos. Pero los efectos del lugar (cabaña o establecimiento), año, sexo y padre podrían ser los determinantes de este tipo de distribución por lo que lo importante es observar la distribución de los residuales.

5.3.a.b. Análisis de los Residuales del HPG1

Los datos generados provienen de diferentes años, establecimientos, tipos de manejo y corderos de diferente sexo por lo que resulta importante la distribución de los residuales, siendo estos los que deben tener distribución normal.

CuadroV.- HPG1 Residuales sin transformar

N	Media	Mediana	Moda	Varianza	Desviación típica	Asimetría	Curtosis
5155	0	-253	66	2381564	1543	2.3683	11.314



Figuras 12 y 13. Distribución de los residuales HPG1 sin transformar agrupados en histogramas o cuantiles

En la distribución de los residuales sin transformar se continúa observando una asimetría positiva importante (2.36) (cuadro V) que se puede apreciar en la figura 12 a pesar de lo pequeño de los histogramas de la derecha pero que quedan más fáciles de observar en la figura 13 como una serie de puntos distanciados de la recta sobre la derecha. La curtosis también es elevada (11.3) y se puede apreciar gráficamente en la figura 12. La media por el ajuste presenta valor cero y siguen distanciados de esta, la mediana (-253) y la moda (66) por lo que debe ser ensayado algún tipo de transformación.

Cuadro VI . Test de normalidad para los residuales del HPG1 sin transformar

Tests para normalidad				
Test	Estadístico		P-valor	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.155306	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	41.38702	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	224.1439	Pr > A-Sq	<0.0050

Cuadro VII. Test de normalidad para los residuales del LogNHPG1

Tests de bondad de ajuste para la distribución Normal				
Test	Estadístico		P-valor	
Kolmogorov-Smirnov	D	0.154021	Pr > D	<0.010
Cramer-von Mises	W-Sq	40.724534	Pr > W-Sq	<0.005
Anderson-Darling	A-Sq	249.168100	Pr > A-Sq	<0.005

Si bien los test de normalidad fueron realizados tanto para el HPG1 como el HPG2 y sus correspondientes transformaciones, a los efectos demostrativos se muestran los resultados de la transformación de los residuales del HPG1 sin transformar o transformado mediante el logaritmo.

Cuadro VIII. Medidas de tendencia central, de dispersión y de distribución de los datos residuales del HPG1 con diferentes transformaciones.

	N	Media	Mediana	Moda	Varianza	Desviación Típica	Asimetría	Curtosis
Log ₁₀	5155	0	0.253	-1.03	2.8310	1.682	-1.7857	4.5760
Log _n	5155	0	0.048	-0.18	0.7337	0.8565	-0.2348	0.2938
R ²	5155	0	-1.374	-1.68	262.67	16.207	0.6982	1.6993
R ³	5155	0	0.0093	-0.81	11.701	3.4207	0.0559	0.7549

Log₁₀= logaritmo en base 10. Log_n= logaritmo en base e. R²= raíz cuadrada. R³= raíz cúbica

La transformación a través del logaritmo en base 10 (Log₁₀) la encontramos en la bibliografía internacional utilizada solo por Howells et al. (2000) y en el caso nuestro no aparece como el mejor método de transformación ya que si bien mejoran todos los parámetros de normalidad, aún no lo hacen en la dimensión necesaria. La asimetría se aproxima al cero y toma valores negativos (-1.7) mientras que los valores extremos altos fueron notoriamente aproximados a la recta según se desprende de la observación de la gráfica de cuantiles (no incluida). La media (0), la mediana (0.25) y la moda (-1) se aproximaron respecto a los datos sin transformar pero aún están distantes y en la representación gráfica se observa una tendencia bimodal.

Otra de las transformaciones que aparece en la bibliografía es la raíz cuadrada (HPG^{0.5} ó R2 HPG) utilizada en Nueva Zelanda por Williamson et al. (1995) y en Australia por Eady (1995), sin embargo en este último trabajo la raíz cuadrada solo fue mejor ajuste para uno de los años considerados, mientras que para todos los datos en conjunto (3 años) la raíz cúbica fue la mejor transformación.

En nuestro caso, la transformación a través de la raíz cuadrada mejora la distribución de los datos, al punto de que la asimetría pasa de 2.36 con los datos sin transformar a 0.69, pero a pesar de aproximarse la media (0) a la mediana (-1,37) y a la moda (-1,68) no lo hacen en la medida de otras transformaciones que analizaremos más adelante (cuadro VIII).

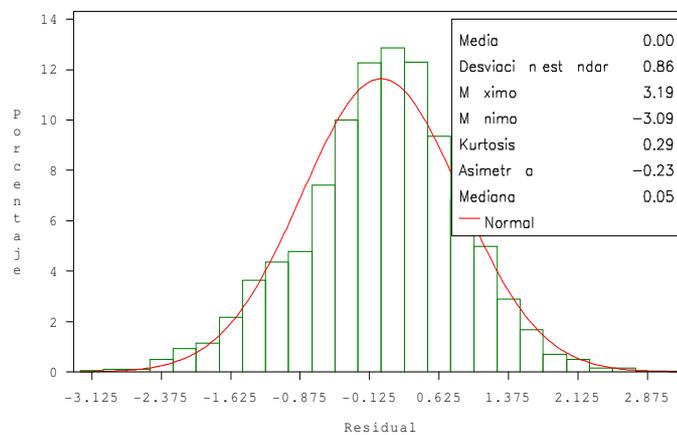
Otra de las transformaciones que aparece utilizada con frecuencia por autores Australianos (Greeff et al. 1995; Woolaston et al. 1991) ha sido la raíz

cúbica inclusive utilizada por nosotros en estudios preliminares y basados en la recomendaciones de consultores Australianos (R. Woolaston en 1994 y A. Swann 2002).

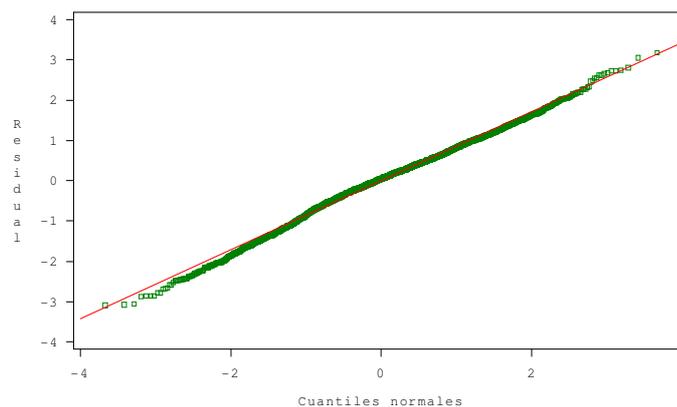
La raíz cúbica fue la transformación que mejoró en mayor medida la asimetría (0.05) y presentó una muy buena aproximación entre media (0), mediana (0.0093) y moda (-0.809) (Cuadro VIII).

El logaritmo natural es otra de las transformaciones utilizadas por numerosos autores sobretodo de Nueva Zelanda (Morris et al. 1997; Morris et al. 2000) y el Reino Unido (Bishop et al. 1996 y Bishop et al. 2004) y en el caso nuestro mejora al igual que la raíz cúbica todos los parámetros de normalidad.

Univariate RESIDUALES hpg1LN



Univariate RESIDUALES hpg1LN



Figuras 14 y 15. Distribución de los residuales HPG1 transformados al logaritmo neperiano y agrupados en histogramas o cuantiles

La asimetría presenta un valor mas aproximado al cero (-0.23) y notoriamente mas aceptable que los encontrados con los datos sin transformar (2.36) o transformados con el logaritmo base 10 (-1.78) o la raíz cuadrada (0,69).

La mediana (0.04) y la moda (-0.18) se aproximan al cero y por ende las tres medidas de tendencia central están más próximas entre sí.

5.3.b Análisis de los datos del HPG2

El HPG2 presentó una media de 1532, no muy diferente a la observada en el HPG1 (Cuadro IV), por lo que ofrece las mismas consideraciones que las realizadas para la media del HPG1. La moda vuelve a repetirse como el menor valor (1) pero con un porcentaje mayor de animales con ese resultado (11%). La mediana presenta un valor menor (700) lo que de alguna manera está en concordancia con el mayor valor de asimetría del HPG2 (3,81). También las medidas de dispersión son mayores en el HPG2 alcanzando la desviación típica un valor muy superior a la media y el coeficiente de variación un 155% (Cuadro IX).

Cuadro IX.- Medidas estadísticas básicas de los resultados del HPG2 sin transformar.

N	Media	Mediana	Moda	Varianza	C.V.	Desv. típica	Asimetría	Curtosis
5155	1532	700	1	5684999	155	2384	3.81	21.8

Ref.: N=número de animales testados. C.V.=coeficiente de variación. Desv. Típica= desviación típica

Los resultados de la estadística básica de los fenotipos del HPG2 muestran en términos generales las mismas características que el HPG1 y fueron sometidos al mismo tipo de estudio.

Nuevamente los residuales del HPG2 sin transformar presentan medidas de tendencia central distantes entre sí, medidas de dispersión elevadas y notoria asimetría (3,51) (Cuadro X).

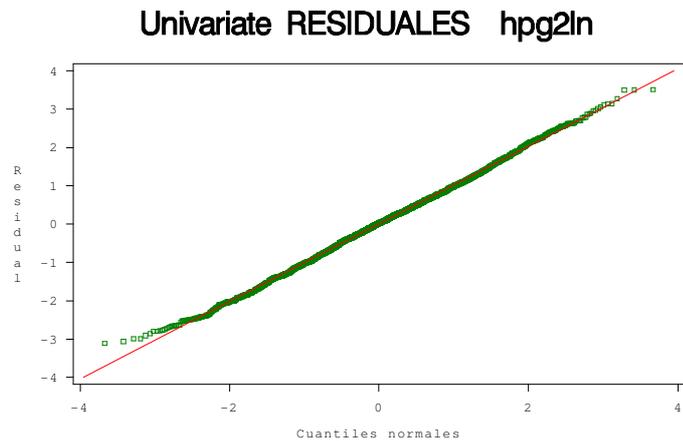
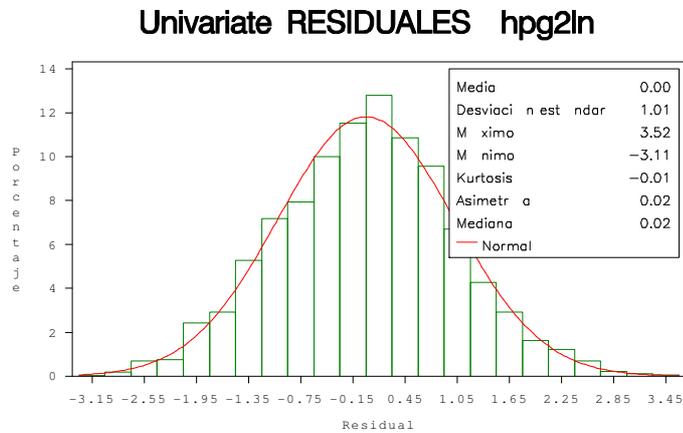
Cuadro X.- Medidas de tendencia central, de dispersión y de distribución de los datos residuales del HPG2 sin transformar o con diferentes transformaciones.

	N	Media	Mediana	Moda	Varianza	Desviación Típica	Asimetría	Curtosis
s/t	5116	0	-308.5	-571	4533937	2129	3.5143	21.9
Log ₁₀	5116	0	0.391	-3.523	4.4235	2.1032	-1.2421	1.58
Log _n	5116	0	0.024	-0.987	1.0254	1.0126	0.0203	-0.01
R ²	5116	0	-2.284	-13.88	397.9	19.948	1.1665	3.17
R ³	5116	0	-0.079	-4.044	17.303	4.1597	0.3896	0.95

s/t= sin transformar. Log₁₀= logaritmo en base 10. Log_n= logaritmo en base e. R²= raíz cuadrada. R³= raíz cúbica

En el estudio de las transformaciones del HPG2 aparecen nuevamente la raíz cúbica y el logaritmo natural como las mejores transformaciones.

Al ser el logaritmo natural, el que nuevamente presenta los mejores valores de asimetría y por ser esta una de las transformaciones elegida, ampliamos la descripción con su representación gráfica.



Figuras 16 y 17. Distribución de los residuales del HPG2 transformados mediante el Log_n y agrupados en histogramas o cuantiles

En la representación gráfica de los residuales del HPG2 transformados por el logaritmo natural, se observa una distribución muy aproximada a una campana de Gauss (Figura 16) y los puntos están prácticamente alineados a la recta (Figura 17).

5.4. Parámetros genéticos

5.4.a Repetibilidad y correlación genética entre el HPG1 y el HPG2

Partiendo de la base de que con la metodología empleada el HPG1 y el HPG2 pertenecen a ciclos parasitarios diferentes, son medidos a diferente edad y pueden estar actuando géneros parasitarios diferentes (cuadro III), ambas medidas deben ser analizadas a los efectos de considerarlas características independientes o bien como diferentes expresiones de la misma característica y en ese caso tomarlas como medidas repetidas.

Un primer análisis muestra la descomposición de las varianzas y las heredabilidades de ambas medidas (cuadro XI).

Cuadro XI.- Descomposición de las varianzas para HPG1 y HPG2 sin transformar, transformados mediante la raíz cúbica o el logaritmo neperiano.

Modelo animal				
	Varianza Aditiva V_A	Varianza Ambiental V_E	Varianza Fenotípica V_P	Heredabilidad h^2
HPG1 s/t	371700	2212000	2583700	0,14
R3 HPG1	1,54	7,905	9,45	0,16
LN HPG1	0,12	0,68	0,80	0,15
HPG2 s/t	766800	4173000	4939800	0,16
R3 HPG2	3,44	10,50	13,94	0,25
LN HPG2	0,32	0,83	1,15	0,28

Ref.: (V_A) = Varianzas aditivas; V_E = Varianza ambiental; V_P = Varianza fenotípica; h^2 = heredabilidad; s/t = sin transformar; R3 = raíz cúbica; LN = logaritmo neperiano.

En el cuadro XI resulta destacable en primera instancia que las heredabilidades para el HPG2 son siempre superiores a las de el HPG1, algo que concuerda con toda la bibliografía disponible cuando analizan la heredabilidad a diferentes edades. En los animales más jóvenes (HPG1) los factores ambientales son mayores habiendo quedado inclusive demostrado que no existe para nematodos gastrointestinales una resistencia innata (McClure 2000). Por otro lado, la heredabilidad se incrementó con cualquiera de las dos transformaciones utilizadas, más en el caso del HPG2 que pasó de 0,16 a 0,25 ó 0,28 según el método de transformación utilizado. El incremento en el caso del HPG1 fue de menor magnitud y pasó de 0.14 sin transformar a 0.16 ó 0.15 para la raíz cúbica ó el logaritmo respectivamente.

Partiendo de la base que la expresión de la resistencia genética tiene un componente inmunitario muy importante y que este se encuentra en pleno desarrollo en el momento de la evaluación, un mismo genotipo se puede estar expresando de diferente manera en un momento u otro. Cuando podemos hacer más de una medición de un carácter en un animal, la repetibilidad de esas mediciones nos puede ayudar a mostrar cuanto podemos ganar si en lugar de una tomamos más medidas. La repetibilidad también establece un límite a la heredabilidad y predice resultados del futuro a partir de datos del pasado (Falconer y Mackay 2001). En la repetibilidad estamos considerando la proporción de varianzas tanto de naturaleza genética como ambiental, pero de mayor importancia resulta la correlación genética entre ambas medidas, en el sentido que nos indicaría si estamos frente a diferentes expresiones de una característica gobernada por los mismos genes.

Cuadro XII.- Descomposición de las Varianzas y repetibilidad entre HPG1 y HPG2 analizado para raíz cúbica o logaritmo como métodos de transformación.

	Varianza ambiental Permanente V _{ep}	Varianza Aditiva V _A	Varianza Ambiental V _E	Varianza Fenotípica V _P	Repetibilidad REP
(R3 HPG1_2)	0,848	2,138	8,702	11,688	0,26
(LN HPG1_2)	0,055	0,184	0,731	0,970	0,25

Cuadro XIII.- Correlación aditiva (genética) entre el HPG1 y el HPG2, usando la raíz cúbica como transformación.-

r _A	(HPG1+1) ^{0.33}	(HPG2+1) ^{0.33}
(HPG1+1) ^{0.33}	0.18	0.70
(HPG2+1) ^{0.33}		0.25

Cuadro XIV. Correlación aditiva (genética) entre el HPG1 y el HPG2, usando el logaritmo natural como transformación.-

r _A	(HPG1+1) Log _e	(HPG2+1) Log _e
(HPG1+1) Log _e	0.17	0.71
(HPG2+1) Log _e		0.28

Por un lado, los resultados de la repetibilidad del HPG1 y del HPG2 son relativamente bajos (0,26 y 0,25) (Cuadro XII) mientras que por otro lado, la correlación genética entre ambos resultó relativamente alta (0,70 y 0,71) (Cuadros XIII y XIV).

5.4.b Heredabilidad y correlaciones genéticas y fenotípicas entre HPG y características productivas

A partir de los resultados de la sección anterior y considerando al HPG1 y HPG2 como diferentes expresiones de la misma característica, se procedió al análisis conjunto como medidas repetidas. En los cuadros XV, XVI y XVII se pueden observar la descomposición de las varianzas aditiva, ambiental y fenotípica.

Cuadro XV.- Varianzas aditivas (V_A) para las características a correlacionar (PVS; PVL; D; PV y HPG)

V _A	PVS	PVL	D	PV	HPG
PVS	0,062	0,053	0,100	-0,023	-0,017
PVL	0,053	0,055	0,067	-0,037	-0,008
D	0,100	0,067	1,960	0,594	-0,098
PC	-0,023	-0,037	0,594	6,629	-0,402
HPG	-0,017	-0,008	-0,098	-0,402	0,200

Cuadro XVI.-Varianzas ambientales (V_E) para las características a correlacionar (PVS; PVL; D; PC y HPG)

V_E	PVS	PVL	D	PV	HPG
PVS	0,187	0,138	0,230	0,879	-0,003
PVL	0,138	0,118	0,176	0,660	-0,006
D	0,230	0,176	1,976	1,298	-0,006
PC	0,879	0,660	1,298	13,000	-0,012
HPG	-0,003	-0,006	-0,006	-0,012	0,760

Cuadro XVII.-Varianzas fenotípicas (V_P) para las características a correlacionar (PVS; PVL; D; PV y HPG)

V_P	PVS	PVL	D	PV	HPG
PVS	0,249	0,191	0,330	0,856	-0,019
PVL	0,191	0,174	0,242	0,623	-0,014
D	0,330	0,242	3,936	1,892	-0,104
PC	0,856	0,623	1,892	19,629	-0,414
HPG	-0,019	-0,014	-0,104	-0,414	0,960

A partir de las covarianzas se calcularon las correlaciones genéticas y fenotípicas entre el recuento de huevos de nematodos y las características productivas consideradas (Cuadros XVIII y XIX).

Cuadro XVIII.-Correlaciones genéticas (r_G) entre peso del vellón sucio (PVS); peso del vellón limpio (PVL); diámetro de la fibra (D); peso del cuerpo (PV) y recuento de huevos por gramo (HPG).-

r_G	PVS	PVL	D	PV	HPG
PVS	0,25	0,91	0,29	-0,04	-0,15
PVL		0,32	0,2	-0,06	-0,08
D			0,50	0,16	-0,16
PC				0,34	-0,35
HPG					0,21

Las correlaciones genéticas de las características productivas entre sí (Peso del Vellón Sucio, Peso del Vellón Limpio, Diámetro Promedio de la Fibra y Peso del Cuerpo), están dentro de los resultados obtenidos previamente por Gimeno (2008) para la raza Corriedale y calculados sobre una base de datos mayor.

Las correlaciones genéticas entre el HPG y las características productivas, presentan todas signo negativo y escasa magnitud, excepto para el caso del cuerpo (-0,35) en que la magnitud es relativamente importante y por ende la selección por una de las características afectaría sensiblemente a la otra (Cuadro XVIII). El hecho de que la correlación sea de signo negativo estaría determinando efectos favorables en todos los casos, excepto en el diámetro, ya que en este caso a medida que disminuye el HPG (menos parasitados/más resistentes) los animales serían de mayor diámetro. En los otros parámetros a medida que vamos hacia animales más resistentes (bajo HPG) tendríamos

mayores valores de Peso de Lana y de Peso del Cuerpo. Aunque en el caso de la lana la magnitud de la correlación es baja ($r_G \text{ HPG} \times \text{PVL} = -0,08$) y los efectos pueden ser limitados.

Cuadro XIX.-Correlaciones fenotípicas entre peso del vellón sucio (PVS); peso del vellón limpio (PVL); diámetro de la fibra (D); peso del cuerpo (PC) y recuento de huevos por gramo (HPG).-

r_P	PVS	PVL	D	PC	HPG
PVS	1,00	0,92	0,33	0,39	-0,04
PVL		1,00	0,29	0,34	-0,03
D			1,00	0,22	-0,05
PC				1,00	-0,10
HPG					1,00

Las correlaciones fenotípicas presentan el mismo signo que las correlaciones genéticas (negativas) pero menor magnitud y podrían considerarse no diferentes de cero.

Cuadro XX.- Desvío estándar para las correlaciones genéticas y la heredabilidad.-

		Desvío Estándar
$r_g \text{ HPG} \times \text{PVS}$	-0,15	± 0.007
$r_g \text{ HPG} \times \text{PVL}$	-0,08	± 0.006
$r_g \text{ HPG} \times \text{D}$	-0,16	± 0.028
$r_g \text{ HPG} \times \text{PC}$	-0,35	± 0.064
h^2	0,21	± 0.020

En el cuadro XX se pueden observar los desvíos estándar que tanto para la heredabilidad como para las correlaciones genéticas entre el HPG y las características productivas fueron bajos.

6 Discusión

Metodología empleada y géneros parasitarios

La factibilidad de realizar estudios basados en una infección natural está determinada por las condiciones epidemiológicas locales que permitan los niveles mínimos de desafío parasitario en el momento oportuno. En este sentido, uno de los elementos más importantes de la epidemiología de los nematodos gastrointestinales son los factores climáticos que en el caso del Uruguay (figura 3) son notoriamente favorables a lo largo del año para el desarrollo de la fase no parasitaria de las especies más patógenas (Nari y Cardozo 1987). Sin embargo, los registros meteorológicos en los años en que se desarrolló la evaluación (2001 al 2005), mostraron una gran variación entre años (figuras 4, 5, 6, 7 y 8) y con

respecto al promedio (figura 3). Por un lado, estas variaciones nunca fueron limitantes para el desarrollo parasitario y la consiguiente realización de los muestreos, pero por otro, determinaron algunas diferencias en el género parasitario involucrado (figura 9) y en la edad de los animales cada uno de los muestreos (cuadro IV).

El género parasitario mayoritariamente involucrado en nuestro trabajo fue *Haemonchus sp.* con un 66% (11-96) y en segundo lugar *Trichostrongylus sp.* en un 30% (2-89), mientras que otros géneros parasitarios como *Teladorsagia (Ostertagia) sp.*, *Oesophagostomun sp.*, *Strongyloides sp.* y *Nematodirus sp.* se presentaron en una baja proporción y por lo tanto tuvieron escasa importancia relativa.

La amplia mayoría de los trabajos Australianos fueron realizados con una sola especie y en régimen de desafío artificial. En algunos casos el parásito utilizado fue *Haemonchus contortus* (Woolaston et al. 1991 y Woolaston y Piper 1996) y en otros *Trichostrongylus colubriformis* (Woolaston y Windon 2001) y solo encontramos una referencia de Piper et al. (1978), quien utilizando una infección natural desarrolló los estudios con infecciones mixtas compuestas en un 70% de *Ostertagia sp.* y una menor proporción de *Nematodirus sp.* Por otro lado, la mayoría de los trabajos de Nueva Zelanda fueron realizados al igual que nosotros bajo desafío natural, pero las condiciones epidemiológicas determinaron que los géneros presentes fueran diferentes a los nuestros ya que prácticamente no presentaron *Haemonchus contortus*. Un trabajo realizado por Morris et al. (2000) fue desarrollado con *Trichostrongylus colubriformis* y *Ostertagia circumcincta* como las especies mas importantes, Bisset et al. (1992) principalmente *Trichostrongylus sp.*, Bisset y Morris (1996) trabajaron con *Trichostrongylus sp.* y *Ostertagia sp.* y Morris et al. (2005) entre un 70-80% de *Trichostrongylus* y *Teladorsagia sp.* aunque en este último trabajo fueron agregadas infecciones artificiales de *Haemonchus contortus* en los últimos años de evaluación. En términos generales, para estas dos grandes corrientes de investigaciones, cuando coincide con nosotros el tipo de infección (natural) como en el caso de los Neo Zelandeses, no coinciden los nematodos involucrados (*Trichostrongylus* y *Teladorsagia sp.*) y cuando coincide el nematodo involucrado (*Haemonchus contortus*) como el caso de los Australianos no coincide el método de infección (artificial). Los reportes del Reino Unido son basados al igual que nosotros en un desafío de tipo natural, pero la especie involucrada es principalmente *Teladorsagia circumcincta* (Bishop et al. 1996 y 2004). En condiciones similares a las nuestras, en el tipo de desafío y el nematodo involucrado trabajaron Baker et al. (1999) y Amarante et al (1999) evaluando las razas nativas Red Maasai y Florida Native respectivamente. Inclusive en el caso de Baker et al. (1999) *Haemonchus contortus* representó un 70% y *Trichostrongylus sp.* un 22% en un todo comparable con el 66% de *Haemonchus contortus* y el 30% de *Trichostrongylus sp.* con que se desarrollaron nuestros trabajos (Cuadro III).

Las implicancias que puede llegar a tener comparar datos de HPG generados por diferentes géneros parasitarios fue en parte develado por Woolaston (1994) quien describe una asociación favorable a la resistencia entre varias especies de nematodos. Se suma a este trabajo el realizado años mas tarde

por Woolaston y Piper (1996) que en una línea del CSIRO seleccionada por desafíos artificiales de *Haemonchus contortus* tuvo luego menores niveles de parasitosis cuando fue expuesta a desafíos de *Trichostrongylus sp.* También refuerzan la teoría de un “amplio espectro” frente a la resistencia a las diferentes especies de nematodos los resultados comunicados por Bishop et al. (2004) que encontraron una alta correlación fenotípica y genotípica entre la resistencia a *Nematodirus sp.* y el resto de los Trichostrongylídeos. Estos resultados, de alguna manera están relativizando el problema que se presenta con la metodología empleada por nosotros, que lleva a que en algunos casos los recuentos de HPG estén determinados por una especie y en otros casos por otra. Por otro lado, basarse o comparar datos generados por infección natural o artificial tampoco presenta mayores inconvenientes desde el momento que Morris et al. (2005) trabajando sobre líneas divergentes de alto o bajo HPG y generadas bajo desafío natural de *Trichostrongylus* y *Teladorsagia sp.*, continuaron la tendencia divergente cuando fueron sometidos a una infección artificial de 250 L3 por Kg de peso vivo de *Haemonchus contortus*. Sin embargo, Bishop et al. (2004) encontraron que la correlación fenotípica y genética entre *Nematodirus sp.* y el resto de los Trichostrongylídeos es alta (0,20 - 0,46 y 0,38 - 0,95 respectivamente) pero concluyen que en la medida que se pueda identificar, *Nematodirus sp.* podría ser analizado aparte proporcionando mas precisión a la información, desde el momento que tiene mayor heredabilidad (0.38 ± 0.07) que el resto de Trichostrongylídeos (0.26 ± 0.07). Sin embargo, para el caso de las condiciones de Uruguay, extrapolar la sugerencia de Bishop et al. (2004) de contabilizar aparte los huevos de *Nematodirus sp.* posiblemente implique la presencia de muchos animales con cero y las implicancias que esto tiene deberán ser analizadas cuidadosamente.

Otro aspecto a resaltar de nuestros resultados es que cuando el HPG1 se realiza temprano (Abril-Mayo), se presentan los mayores porcentajes de *Haemonchus contortus* (94, 96, 93 y 92%) y el HPG2 en general cae en pleno invierno (julio en el 2003, 2004 y 2005) o fines de invierno/primavera (septiembre en el 2002) con los valores mas altos de *Trichostrongylus sp.* Pero cuando el muestreo de HPG1 se hizo más tarde (2001) una proporción balanceada de *Haemonchus sp.* y *Trichostrongylus sp.* se dió en el HPG1 y ha diferencia de los otros 4 muestreos el mayor porcentaje de *Haemonchus sp.* se presentó en el HPG2.

Edad de los animales en el momento de la evaluación

El desarrollo del sistema inmunológico está condicionado entre otros factores por la edad y los estímulos antigénicos previos (Emery et al 1993) y cuando trabajamos bajo desafío natural y con un clima variable como el nuestro la edad de muestreo tiene ciertas variaciones. Para los establecimientos analizados (cuadro III) la edad promedio de los animales en el momento del HPG1 fue de 7,6 meses (7-9) y para el HPG2 fue de 11,2 meses (10-14). Si bien los rangos de edades manejados por nosotros están dentro de los márgenes recomendados por los protocolos del Nemesis en Australia (Pocock et al 1995) y del WormFec en Nueva Zelanda (MacEwan et al 1995a), numerosas publicaciones concluyen en que las variaciones en la edad determinan diferentes parámetros genéticos. Por otro lado en estudios preliminares realizados entre

1994 y 1998 por Castells (2005 a y b) en las Centrales de Prueba de Progenie y aplicando la misma metodología determinaron un promedio de edad para el HPG1 y el HPG2 similar al de este trabajo, pero con un rango de variación mayor entre años que en el caso del HPG1 fue 5-15 meses y en el HPG2 6,5-19 meses. En este caso inclusive en algunos años el HPG2 se realizó a una edad menor que el HPG1 de otros años.

Un estudio realizado por W. Heine (com. pers.) en el Wallaceville Research Centre de Nueva Zelanda muestra que para un grupo de corderos Romney Marsh no seleccionados por resistencia a parásitos y midiendo el grado de respuesta inmunitaria a través del recuento de eosinófilos, la respuesta era de tan solo el 10% a los 4 meses y del 80 % al año de edad. Sin embargo, cuando comparó este grupo, con corderos seleccionados por resistencia o susceptibilidad a nematodos a los 10 meses de edad, las diferencias fueron muy amplias ya que los no seleccionados tenían un 70% de su inmunidad desarrollada mientras que los susceptibles tan solo un 40% y los resistentes un 90%. Este período ha sido denominado por algunos autores como una “ventana de oportunidad” para la evaluación ya que sería el momento donde los animales muestran las mayores diferencias y en nuestro caso es coincidente con el HPG2 (cuadro III).

En nuestro caso la heredabilidad del HPG1 fue siempre inferior que la del HPG2 (cuadro X) y en concordancia con prácticamente toda la bibliografía en la cual la heredabilidad del HPG aumenta con la edad de los animales (Bishop et al. 1996 y Howells et al. 1998). En el trabajo de Bishop et al. (1996) la heredabilidad a los 5 meses fue de 0.15 y en el de Howells et al. (1998) a los 4,5 meses fue de 0.08, iguales o inferiores a las encontradas por nosotros en el HPG1. En nuestro caso es obvio que la edad de los animales en el momento del HPG2 es dependiente del momento en que se realizó el HPG1 y este es dependiente fundamentalmente del clima en ese primer otoño (figuras 4, 5, 6, 7 y 8). En el caso nuestro el HPG2 presentó un coeficiente de variación de 155% mientras que para el HPG1 fue de un 118%, pero en el caso del HPG2 los animales con resultado cero de HPG fueron un 11%, mientras que para el HPG1 fue de un 7%, pudiéndose pensar que a medida que avanza la edad es mayor el número de animales que expresan su resistencia.

De todas maneras podemos tener una interacción de la edad y de la especie parasitaria ya que la resistencia genética es un factor íntimamente ligado al desarrollo de la inmunidad celular y humoral del huésped, pero esta es más rápida y persistente en el tiempo para *Trichostrongylus sp.* que para *Haemonchus sp.*. En nuestro caso *Haemonchus sp.* fue mas prevalente en el HPG1 y *Trichostrongylus sp.* en el HPG2 pero este fenómeno que parecería contradictorio desde el punto de vista del desarrollo inmunitario se explica por la epidemiología, ya que la mayoría de los HPG2 se realizaron en invierno, cuando *Haemonchus sp.* baja su prevalencia y *Trichostrongylus sp.* la incrementa (Nari et al. 1977). Inclusive afirman la hipótesis anterior los resultados del año 2001 que fue el caso en el que el HPG2 fue tomado mas tarde (noviembre) y el único HPG2 con proporciones elevadas de *Haemonchus sp.* (81%) (cuadro III).

Por otro lado Walkden-Brown y Eady (2003), adicionan otro factor más de interacción al encontrar una asociación entre el nivel nutritivo y la expresión

genotípica de la resistencia. Cuando las condiciones nutricionales fueron bajas, las diferencias entre resistentes y susceptibles fueron mayores que cuando las condiciones nutricionales fueron medias a altas, encontrando diferente respuesta a la suplementación proteica entre resistentes y susceptibles según el nivel de alimentación inicial. Por ello, en las condiciones nuestras la edad en la que medimos el HPG es un factor de ajuste muy importante, pero posiblemente se deba tener en cuenta también al desarrollo de los animales, aunque este fuera medido simplemente a través del peso vivo.

Distribución y normalización de los datos

La distribución de la característica HPG en todas las poblaciones ovinas estudiadas muestran un pronunciado sesgo a la derecha, presentándose como una distribución binomial negativa con heterogeneidad de varianzas. Por ello es que la transformación de los datos resulta indispensable a los efectos de utilizar los métodos estadísticos de evaluación genética que asumen homogeneidad de varianzas (Eady 1995). Los residuales del HPG1 tienen medidas de tendencia central diferentes y distantes (Media=0; Mediana=-253 y Moda=66) y elevado valor de asimetría (2,36) y curtosis (11,3) (cuadro V) y los del HPG2 también tienen medidas de tendencia central diferentes y distantes (Media=0; Mediana=-308 y Moda=-575) y elevado valor de asimetría (3,51) y curtosis (21,9) (cuadro IX). Estos valores de sesgo y curtosis son similares a los descritos por Bisset et al. (1992) quienes para el HPG sin transformar encontraron un sesgo de 2.33 y una curtosis de 14.3. En dicho trabajo prueba diferentes transformaciones pero previamente se plantea una expectativa para una distribución normal de sesgo “0” y una curtosis de “3”. Evaluando las transformaciones realizadas por nosotros solo desde la curtosis y utilizando la expectativa descrita por Bisset et al (1992) de un valor de curtosis de 3 como la más indicada, sería la raíz cuadrada la que nos aproxima mejor a la normalidad, sin embargo, la curtosis es un elemento a tener en cuenta pero no el mas importante, ya que sin duda la asimetría o el sesgo tienen mayor importancia, habiendo otras transformaciones ensayadas por nosotros que normalizan mejor los datos que la raíz cuadrada.

Experimentos realizados en Australia con Merino Australiano tanto cuando evaluaron con *Haemonchus contortus* (Woolaston y Piper 1996) como cuando lo hicieron frente a *Trichostrongylus colubriformis* (Woolaston y Windon 2001), encontraron en la raíz cúbica la mejor transformación. En nuestro caso, la raíz cúbica mejora notoriamente la distribución de los datos tanto para el HPG1 como para el HPG2, donde las medidas de tendencia central se acercan (cuadros XVIII y XIX) y se reduce notoriamente la asimetría a 0.38 y 0.05 respectivamente. Sin embargo en Nueva Zelanda en experimentos realizados tanto para la raza Romney Marsh por Morris et al. (2000) y Bisset et al. (1992) como los realizados con la raza Perendale por Morris et al. (2005), encontraron como la mejor transformación de sus datos al logaritmo natural. Para nuestra estructura de datos, el Logaritmo natural fue en algunos aspectos mejor transformación que la raíz cúbica. Las medidas de tendencia central se ajustaron notoriamente con el Logaritmo natural y aproximaron en valor absoluto con media 0, mediana 0,04 y moda -0,98 para el HPG1 y media 0, mediana 0.02 y moda -0.98 para el HPG2. Mientras que la asimetría fue de -0.23 y 0,02 para el HPG1 y HPG2 respectivamente.

En Kenia, Baker et al (1999), trabajando con Red Maasai y sus cruizas y con una infección natural con predominio de *Haemonchus contortus* (70%), eligió como método de transformación el logaritmo base 10 (Log_{10}), sin embargo en nuestro caso tanto las medidas de tendencia central como la varianza, asimetría y curtosis son mejores para el Log_n que para el Log_{10} . Al igual que nosotros Bishop et al. (1996), trabajando con la raza Scottish Blackface y con una infección natural con predominio de *Ostertagia circumcincta* encontró al logaritmo natural como mejor transformación que la raíz cuadrada o la raíz cúbica.

No necesariamente para un mismo set de datos, hay una única transformación mas apropiada, Eady (1995), encontró en un estudio de tres años que para un determinado año la raíz cuadrada era la mejor transformación y el logaritmo para los otros dos, sin embargo cuando analizó los tres años en conjunto, la raíz cúbica se presentó como la mejor transformación. Esto está en concordancia con resultados obtenidos en el presente trabajo donde la asimetría para el HPG1 es mejor con la raíz cúbica (0,05) que con el Log_n (-0,23), mientras que para el HPG2 la asimetría con el Log_n es mínima (0,02) y superior para la raíz cúbica (0,38).

De todas maneras ambas transformaciones se podrían considerar correctas y las implicancias que puede tener elegir la raíz cúbica o el logaritmo natural cuando estamos evaluando animales son mínimas aunque el Log_n presentó algunas pequeñas ventajas. Si bien la representación gráfica como método para evaluar la normalidad puede ser catalogado como subjetivo, esto puede ser cierto si lo que queremos demostrar es normalidad, sin embargo para demostrar que una distribución no es normal y necesita de ajustes para su procesamiento esta representación es un buen indicador tal como se desprende de las figuras 10, 11, 12 y 13. En ellas tanto la campana formada por los histogramas, como los puntos sobre la curva muestran un sesgo notorio.

Heredabilidad

La heredabilidad no solo es una propiedad del carácter sino también de la población por lo tanto pueden existir distintos resultados de heredabilidad para un mismo carácter. De todas maneras en la medida que ajustamos la metodología las diferencias se reducen en un rango mas limitado de resultados. En este sentido, nuestros resultados se encuentran en el rango de heredabilidades medias ($0,21 \pm 0,02$) y dentro del rango descrito por la mayoría de los autores que trabajaron con un volumen similar de datos y en condiciones similares a las nuestras.

En la majada de la Universidad de New England (UNE Armidale – Australia), Woolaston et al. (1991) encontraron para 2362 corderos nacidos entre 1981 y 1989 una heredabilidad muy similar a la nuestra de $0,22 \pm 0,04$ a los 28 días y $0,21 \pm 0,04$ a los 35 días luego de una infección artificial de *Haemonchus contortus*. El método de análisis fue la máxima verosimilitud (REML) para un modelo animal y los datos fueron normalizados mediante la raíz cúbica. Sin embargo, una de las diferencias metodológicas más importantes con nosotros, fue

que el método de infección fue artificial y monoespecífica, pero sobretodo que los HPG1 y HPG2 pertenecen al mismo ciclo parasitario y la raza evaluada fue Merino Australiano.

En corderos Scottish Blackface de 6 meses de edad en el Reino Unido Bishop et al. encontraron una heredabilidad de $0,22 \pm 0,13$ también en un todo comparable con la nuestra.

En Nueva Zelanda las heredabilidades del recuento de huevos en la materia fecal descritas por Baker et al. (1991) fueron en general de mayor magnitud a las nuestras y estuvieron en un rango de $0,33 \pm 0,18$ a $0,39 \pm 0,13$.

La única mención extranjera encontrada en la bibliografía para la raza Corriedale es la de Piper et al. (1978) en uno de los primeros trabajos realizados en Australia pero que no analizaron la heredabilidad específica para cada una de las razas involucradas en el estudio (Dorset Horn, Fine Wool Merino, Collinsville Merino y Corriedale) a pesar de encontrar diferencias significativas de acuerdo al padre utilizado.

Lo que si analizaron Piper et al. (1978) por separado fue la heredabilidad de acuerdo al nematodo involucrado, encontrando para *Nematodirus sp.* una heredabilidad de $0,11 \pm 0,09$ y para el resto de las especies de Trichostrongylideos de $0,29 \pm 0,12$. También analizando la heredabilidad para diferentes nematodos pero con resultados diferentes a los anteriores están los trabajos de Bishop et al. (2004) que encontraron para *Nematodirus sp.* una heredabilidad superior ($0,38 \pm 0,07$) a la del resto de los Trichostrongylideos ($0,26 \pm 0,07$). Resultados aún más altos de heredabilidad para *Nematodirus sp.* encontraron Baker et al. (1991) en corderos Romney Marsh de Nueva Zelanda ya que cuando analizaron los resultados de la infección mixta (principalmente *Trichostrongylus sp.* y *Ostertagia sp.*) la heredabilidad fue de $0,34 \pm 0,19$ pero cuando en el cálculo solo consideraron los huevos de *Nematodirus sp.* la heredabilidad fue de $0,57 \pm 0,24$ siendo inclusive una de las más altas descritas en la bibliografía. Esta diferenciación entre nematodos en nuestro caso no la podemos realizar ya que si bien en el HPG1 el nematodo presente en mayor proporción fue *Haemonchus sp.* y en el HPG2 *Trichostrongylus sp.* (cuadro III) y la heredabilidad fue diferente en entre ambos (Cuadro X) no podemos adjudicar estas diferencias al nematodo ya que estamos frente a ciclos parasitarios y edades diferentes. En todos los trabajos mencionados anteriormente cuando diferencian *Nematodirus sp.* del resto de los nematodos se hace sobre la misma infección parasitaria.

Por ello al único nematodo al cual se le puede calcular la heredabilidad basada en el recuento de huevos y compararla con el resto de los nematodos en forma practica y segura es *Nematodirus sp.* ya que sus huevos en el análisis de Mac Master son fácilmente identificables. Este no es el único nematodo cuyos huevos se diferencian, *Trichuris sp.* presenta huevos de 75 a 80 micras con 2 botones polares inconfundibles (Tramontano 1979) pero el nivel de flotación a la densidad utilizada es irregular siendo un nematodo corrientemente subestimado en los análisis de rutina. Otro nematodo que parásita ovinos en Uruguay y cuyos huevos tienen características diferenciales con el resto, es el *Strongyloides papillosum*, ya que los huevos de este tienen la larva formada en su interior en el

momento de abandonar el huésped y salir en la materia fecal (Borchert 1975). Sin embargo esta característica puede inducir a error, desde el momento que los análisis no son realizados inmediatamente de extraídas las muestras y el tiempo transcurrido entre la extracción y el análisis puede llevar a que huevos de otros nematodos desarrollen la larva I y sean identificados erróneamente como de *Strongyloides papillosum*.

En lo que refiere a la heredabilidad relacionada a la transformación utilizada, un trabajo realizado por Woolaston y Piper (1996) entre 1976 y 1991 sobre la raza Merino Australiano y basados en una infección artificial de 10.000 L3 de *Haemonchus contortus* a los 6 meses de edad, encontraron una heredabilidad de 0.23 ± 0.03 sin transformación de los datos y de 0.29 ± 0.03 utilizando la raíz cúbica. También en nuestro caso la heredabilidad aumentó con las diferentes transformaciones y si bien en el caso del HPG1 el aumento no fue tan importante pasando de 0,14 (HPG1 s/t) a 0,15 (LogHPG1), ó 0,16 (R3HPG1), en el caso del HPG2 el aumento fue mas importante pasando de 0,16 (HPG2 s/t) a 0,25 (R3HPG3) ó 0,28 (LNHPG2).

Resultados notoriamente mas altos de heredabilidad ($0,44 \pm 0,04$) encontraron Woolaston et al (1991) para una majada Merino Medio Peppins y seleccionada por su alta o baja respuesta a una infección de *Trichostrongylus coluriformis*.

Repetibilidad y correlación genética entre diferentes medidas de HPG

La repetibilidad encontrada por nosotros entre ambas medidas de HPG de 0,25 ó 0,26 según el método de transformación utilizado fue relativamente similar a la descrita por Bishop et al. (1996) a la misma edad (0,22). Sin embargo si bien son inferiores a las descritas por Morris et al. (2000) de $0,42 \pm 0,01$ y Woolaston et al. (1991) de 0,6 en estos casos ambas medidas corresponden al mismo ciclo parasitario.

Por otro lado la correlación genética de nuestras dos medidas de HPG fue de 0,70 ó 0,71 según el método de transformación, también similares a la encontrada por Bishop et al. (1996) de $0,82 \pm 0,25$. En las investigaciones de Morris et al. (2000), si bien la repetibilidad estuvo muy por encima de los valores encontrados por nosotros, la correlación genética se encontro en valores similares a los nuestros ($0,85 \pm 0,03$). Sin embargo en el trabajo de Woolaston et al. (1991) la correlación genética fue prácticamente la unidad (0,98) y mucho mayor que la nuestra.

En suma resulta común encontrar repetibilidades entre distintas medidas de HPG bajas si estamos frente a ciclos parasitarios diferentes y altas si son mediciones del mismo ciclo, pero correlaciones genéticas siempre altas, que demuestran que las diferentes mediciones de HPG son expresiones diferentes del mismo carácter.

Correlaciones genéticas del HPG con características productivas

La correlación entre el HPG y las características productivas es uno de los aspectos de mayor controversia en la literatura.

En nuestro caso, la correlación genética entre el HPG tanto con el PVS ($-0,15 \pm 0,007$) como el PVL ($-0,08 \pm 0,006$) fueron de signo negativo, escasa magnitud, errores estándar bajos y por lo tanto levemente favorables. Sin embargo Woolaston et al. (1991) describen 2 referencias de majadas Merino Australiano con resultados cambiantes en signo $0,10 \pm 0,31$ y $-0,056 \pm 0,25$ y caracterizadas por errores estándar altos. Un trabajo realizado por Bisset et al. (1992), con la raza Romney Marsh y frente a una infección natural encontraron correlación genética de $-0,15 \pm 0,18$ negativa, favorable y similar a la nuestra entre el HPG y el peso del vellón. Con una estrategia diferente y en contraposición a estos resultados Williamson et al. (1995) estudiaron la respuesta parasitaria a infecciones artificiales mixtas de una majada Romney Marsh de la Universidad de Massey seleccionada durante 37 años por producción de lana. Al comparar la respuesta parasitaria luego de un desafío artificial mixto de esta línea con otra línea control (sin selección por producción de lana), la majada seleccionada por producción de lana presentó los mayores valores de HPG y de número de parásitos en las necropsias. En términos generales los trabajos Neo Zelandeses encontraron una correlación entre HPG y PVL desfavorable y los Australianos una correlación no diferente de cero (neutra).

En el caso del peso vivo al igual que con la producción de lana nosotros encontramos una correlación genética de signo negativo y favorable pero de mayor magnitud ($-0,35 \pm 0,028$). Esto estaría determinando con cierta seguridad que seleccionar animales con bajo HPG llevaría asociado animales de mayor peso corporal. En el Reino Unido y trabajando con animales de la raza Texel, Bishop et al. (2004) también encontraron una correlación genética entre el HPG y el PV de $-0,19 \pm 0,14$. De similar sentido pero de mayor magnitud fueron los resultados encontrados por los mismos autores (Bishop et al. 1996) con la raza Scottish Blackface, donde para diferentes medidas la correlación genética entre el HPG y el PV estuvo entre $-0,63$ y $-0,90$. Los estudios con Romney Marsh conducidos en Nueva Zelanda por Bisset et al. (1992) encontraron una correlación genética entre HPG y el peso vivo en el otoño de $-0,29 \pm 0,22$ siendo tanto en signo como magnitud concordantes con los nuestros. En términos generales y a diferencia de la producción de lana, en el caso del PV parece haber tanto en la literatura consultada como en nuestros resultados, concordancia en una correlación genética de signo negativo y por lo tanto sería una asociación favorable.

El diámetro de la fibra con el HPG también tuvo una correlación genética de signo negativo ($-0,16 \pm 0,064$) sin embargo en este caso el signo determina una asociación desfavorable en la medida que la reducción del diámetro sea un objetivo de selección. En nuestro país el diámetro es el componente más importante en la determinación del precio de la lana y mucho más importante en el caso de las razas de lana fina, donde Ciappesoni (2008) encontró para la raza Merino Australiano en Uruguay una correlación genética entre HPG y D de $-0,17$. En este caso al ser una raza donde el diámetro ocupa un lugar importante en

los objetivos de selección esta correlación genética desfavorable es más preocupante y debe ser manejada con atención. En el mismo sentido fueron los resultados comunicados por Woolaston et al. (1991) que encontraron una correlación genética de $-0,15 \pm 0,26$ y $-0,14$ entre HPG y D.

Las correlaciones fenotípicas resultaron tanto en nuestro caso como para la mayoría de los autores de igual signo pero menor magnitud que las correlaciones genéticas.

Las implicancias que tienen las correlaciones genéticas y fenotípicas entre el HPG y las características productivas fueron muy bien analizadas por Eady (1998) inclusive manejando hipótesis de errores en la estimación. De todas maneras cuando las correlaciones genéticas son desfavorables como con el caso del HPG y D pero tenemos un coeficiente de variación tan alto, siempre es posible seleccionar animales mejorados para ambas características a la vez.

7 Conclusiones

- En ovinos Corriedale del Uruguay existe variación genética en el recuento de huevos de nematodos, que permite implementar planes de mejora genética para esta característica.
- La heredabilidad del recuento de huevos de nematodos para ovinos Corriedale del Uruguay se encuentra en valores medios ($0,21 \pm 0,02$).
- La correlación genética entre el recuento de huevos y características productivas es levemente favorable para el peso de vellón sucio y limpio, medianamente favorable para el peso del cuerpo y levemente desfavorable para el diámetro.

8 Referencias bibliográficas

1. Abbott K. (2001). Sheep health and production. Veterinary Course of the University of Sydney 26 pp.
2. Aguerre J. y Coronel F. (2008). La mejora genética ovina en Uruguay: historia y actualidad. III Seminario sobre mejoramiento genético en ovinos 23 al 25 de junio de 2008. Termas de Arapey Uruguay.
3. Albers G.; Gray G.; Piper L.; Barker J.; Le Jambre L. and Barger I. (1987) The genetic of resistance and resilience to *Haemonchus contortus* infection in young Merino sheep. *International journal for parasitology* **17** 1355-1363
4. Amarante A.F.T., Craig T.M., Ramsey W.S., El-sayed N.M., Desouki A.Y. and Bazer F.W. (1999). Comparison of naturally acquired parasite burdens among Florida Native, Rambouillet and crossbreed ewes. *Veterinary parasitology* **85**: 61-69
5. Bahirathan M.; Miller J.E.; Barras S.R.; Kearney M.T. (1996). Susceptibility of Suffolk and Gulf Coast Native suckling lambs to naturally acquired strongylate nematode infection. *Veterinary parasitology* **65** 259-268
6. Baker R.; Clarke J.; Carter A. and Diprose G. (1979) Genetic and phenotypic parameters in New Zealand Romney sheep. *New Zealand journal of agricultural research* **22** 29-21
7. Baker R.L. (1997). Résistance génétique des petits ruminants aux helminthes en Afrique. *INRA Production animal*. **10** (1) 99-110.-
8. Baker R.; Watson.; Bisset S.; Vlassoff A. and Douch P. (1991) Breeding sheep in New Zealand for resistance to internal parasites: research results and commercial application. . In “Breeding for disease resistance in sheep” Wool research and development Corporation Australia. 19-32.
9. Baker R.L., Reynolds L., Lahlou Kassi A., Rege J.E.O. Tekelye Bekelye, Mukassa-Mugerwa E. and Rey B. (1992) Prospects for breeding for resistance to endoparasites in small ruminants in Africa a new ILCA research programme. Proceedings of the Second Biennial Conference of the African Small Ruminant Research Network - AICC, Arusha, Tanzania - 7-11 December 1992

10. Baker R.L., Mwamachi D.M., Audho J.O., Aduda E.O. and Thorpe W. (1999). Genetic resistance to gastrointestinal nematode parasites in Red Massai, Dorper, and Red Massai x Dorper ewes in the sub-humid tropics. *Animal Science* **69** 335-344.
11. Barger I.A. (1989). Genetic resistance of hosts and its influence on epidemiology. *Veterinary parasitology* **32** 21-35
12. Bishop S.C. and Morris C.A. (2007). Genetics of disease resistance in sheep and goats. *Small Ruminant Research* **70** 48-59.-
13. Bishop S.C.; Bairden K.; McKellar Q.A.; Park M. and Stear M.J. (1996). Genetic parameters for faecal egg count following mixed, natural, predominantly *Ostertagia circumcincta* infection and relationships with live weight in young lambs. *Animal Science* **63** 423-428
14. Bishop S.C.; Jackson F.; Coop R.L. and Stear M.J.. (2004) Genetic parameters for resistance to nematode infections in Texel lambs and their utility in breedings programmes *Animal Science* **78** 185-194
15. Bissett S.A.; Vlassoff A.; Morris C.A.; Southey B.R.; Baker R.L. and Parker A.G.H. (1992). Heritability of an genetic correlations among faecal egg counts and productivity traits in Romney sheep. *New Zealand Journal of Agricultural Research.* **35** 51-58
16. Bisset S.A., Morris C.A., Squire D.R., Hickey S.M. and Wheeler M. (1994). Genetic of resilience to nematode parasites in Romney sheep. *New Zealand journal of agricultural research.* **37**: 521-534.-
17. Bisset S.A.; Vlassoff A.; Douch P.G.C.; Jonas W.E.; West C.J. and Green R.S. (1996). Nematodes burdens and immunological responses following natural challenge in Romney lambs selectively bred for low or high faecal worm egg count. *Veterinary parasitology* **61** 249-263.-
18. Bisset S. And Morris C. (1996) Feasibility and implications of breeding sheep for resilience to nematode challenge *International journal for parasitology* **26** 857-868

19. Bisset S.A. (1994b). Helminth parasites of economic importance in cattle in New Zealand. *New Zealand Journal of Zoology* **21** 9-22
20. Blair H.T. and Garrick D.J. (1992). Breeding sheep for resistance to internal parasites. In: proceedings of the abstracts sheep and beef cattle farmers conference. 4 pp.
21. Borchert A. (1975). *Parasitología Veterinaria*. Editorial Acribia 3ra. Edición Zaragoza España.
22. Cardellino R., Peñagaricano J. y Castells D. (1994). Central de Prueba de Progenie Corriedale “Dr. Alberto Gallinal” Generación 1994 Sociedad de Criadores de Corriedale Nro. **1** 14 pp.
23. Cardellino R. 1992. Caracterización de los planteles ovinos en el Uruguay. III Seminario sobre el mejoramiento genético en lanares. SUL Piriapolis Uruguay 25-46.-
24. Castells D. (2005a). Métodos de control de nematodos gastrointestinales en ovinos con énfasis en resistencia genética. Situación actual y perspectivas. *Producción ovina* **17** 21-36.-
25. Castells D. (2005b). Adaptación de genotipos a ambientes adversos: resistencia genética del ovino a parásitos gastrointestinales. *Agrociencia* **IX** Nros. 1 y 2 587-593.-
26. Castells, D., Nari, A., Rizzo, E., Marmol, E. y Acosta, D. (1995) Efecto de los nematodos gastrointestinales sobre diversos parámetros productivos del ovino en la etapa de recría. Año II 1991. *Producción ovina* **8** 17-32.
27. Castells D.; Mederos A.; Lorenzelli E y Machi I. (2002) Diagnósticos de resistencia antihelmíntica de *Haemonchus* spp a las Ivermectinas en el Uruguay. In: “Resistencia genética del ovino a los nematodos gastrointestinales y su aplicación a futuros sistemas de control integrado” *FAO Animal Production and Health Paper*: 61-66.
28. Castells D. y Mederos A. (2008). Resistencia genética a parásitos gastrointestinales. In: III Seminario sobre mejoramiento genético en ovinos 23-25 junio. Salto Uruguay
29. Castro E y Trenchi H (1958) Fauna parasitológica comprobada en el Uruguay Laboratorio de biología animal “M.C.Rubino” 84 pp.
30. Ciappesoni G. (2008). Resistencia genética a parásitos gastrointestinales. Seminario de actualización técnica en parasitosis gastrointestinales en ovinos y bovinos. INIA Tacuarembó 20 de noviembre de 2008.

31. Clunies-Ross I. (1932) Observations on the resistance of sheep to the infestation to the stomach worm *Haemonchus contortus*. Journal of the council for scientific and industrial research **5** 73-80.
32. Coles G.C.; Jackson F.; Pomroy W.E.; Prichard R.; von-Samson-Himmelstjerna G.; Silvestre A.; Taylor M.A. y Vercruysse J. (2006). The detection of anthelmintic resistance in nematodes of veterinary importance. Veterinary parasitology **136** 167-185.-
33. Coronel F. y Gimeno D. (2004). Sistema uniforme de levantamiento y almacenamiento de registros SULAR-Corriedale. SUL Versión **5** 19 pp.
34. Dirección Nacional de Meteorología del Uruguay. Características climáticas generales. <http://www.meteorología.com.uy>.
35. DI.CO.SE. (2007). Dirección de contralor de semovientes. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. <http://www.mgap.gub.uy.DGSG/DICOSE>
36. Eady SJ. (1995). Implications of non-normal distribution of faecal egg count for measuring worm resistance in Merino sire evaluation schemes. In: Proceedings of the 11th Conference of the Australian Association of Animal Breeding and Genetics. Adelaide, SA. 79-83
37. Eady S.J., Woolaston R.R., Mortimer S.I., Lewer R.P., Raadsma H.W., Swan A.A. and Ponzoni R.W. (1996). Resistance to nematode parasites in Merino sheep: sources of genetic variation. Australian journal of agricultural research **47**:895-915
38. Eady S.; Woolaston R. and Burgess A. (1997) Genetic trend for fleece traits and worm resistance in Merino studs. Proceedings of the association for the advancement of Animal Breeding and Genetic **12** pp 328-332
39. Eady S.J. (1998). Worm resistance in a Merino breeding objective – Influence of genetic correlations between resistance and production traits. 6th world congress on genetic applied to livestock production pp: 141-144
40. Emery D.L.; McClure S.J. and Wagland B.M. (1993). Production of vaccine against gastrointestinal nematodes of livestock. Immunology and cell biology **71** 463-472
41. Falconer D.S. y Mackay T.F.C. (2001). Introducción a la genética cuantitativa. Editorial Acribia S.A.

42. Gimeno D. (2008). Herramientas y estrategias para la mejora genética. La experiencia del Corriedale. III Seminario sobre mejoramiento genético en ovinos 23 al 25 de junio de 2008. Termas de Arapey Uruguay.
43. Gray G.D.; Gill H.S.; Kauter K.G.; Burgues S.K. and Douglas-Hill A. (1994). Unusual susceptibility of sheep selected for resistance to internal parasites. *Wool technology and sheep breeding* **42** 285-288
44. Greeff J.C., Karlsson L.J.E. and Harris J.F. (1995). Heritability of faecal worm egg count at different times of the year in a Mediterranean environment. *Proceedings Australian Association Animal Breeding and Genetics* (11) 117-121.-
45. Hosking B.C.; Stein P.A.; Mosimann D.; Seewald W.; Strehlau G. and Kaminsky R. (2008). Dose determination studies for monepantel, an amino acetonitrile derivative, against fourth stage gastrointestinal nematode larvae infecting sheep. *Veterinary parasitology* **157** 72-80
46. Hosking B (1998) Drench resistance (27-29). In: *Parasite notes*. New Zealand sheep council.
47. Howells K.; Wolf B.; Haresign W.; Lewis R. and Davies M. (1998) Genetic resistance to internal parasites in lambs. *Animal science*.
48. Howse S.W., Blair H.T., Garrick D.J. and Pomroy W.E. (1992). A comparison of internal parasitism in fleece weight-selected and control Romney sheep. *Proceedings of the New Zealand society of animal production*. 52: 57-60
49. Kaminsky R.; Ducray P.; Jung M.; Clover R.; Rufener L.; Bouvier J.; Weber S.S.; Wenger A.; Wieland-Berghausen S.; Goebel T.; Gauvry N.; Pautrat F.; Skripsky T.; Froelich O.; Komoin-Oka C.; Westlund B.; Sluder A.; and Maser P. (2008). A new class of anthelmintic effective against drug-resistant nematodes. *Nature* **452** 176-181
50. Karlsson L.J.E., Mac Leod I.M., Leewardana D.H., Sissoev K and Simmons J.. (1991). Selection for nematode resistance in sheep in the Australian Mediterranean zone. In "Breeding for disease resistance in sheep" Wool research and development Corporation Australia. 131-138.-
51. Le Jambre L.F. (1978). Host genetic factors in helminth control. In: *The epidemiology and control of gastrointestinal parasites of sheep in Australia*. A.D. Donald, W.H. Southcott and J.K. Dinnen. 137-141 CSIRO Melbourne.

52. Lloyd J and Love S. (1999). Lab test and sheep worm control. In: Agnote NSW Agriculture.
53. Malan F. (2008). Resistencia antihelmíntica en ovinos. XXXVI Jornadas de Buiatria. Paysandú-Uruguay 12-14 de junio de 2008.-
54. McClure S. (2000). Sheep immunity to gastrointestinal nematode parasite. Review. CSIRO Mac master laboratory 14 pp.
55. McEwan J.C., Dodds K.J., Watson T.G., Greer G.J., Hoskinhg B.C. and Douch P.G.C. (1995a). Selection for worm resistance to roundworms by the New Zealand sheep breeding industry: The Wormfec service. In: Proceedings of the 11th Conference of the Australian Association of Animal Breeding and Genetics. Adelaide, SA 70-73
56. Mac Ewan J.C., Dodds K.G., Greer G.J., Bain W.E., Duncan S.J., Wheeler R., Knowler K.J., Reid P.J., Green R.S. and Douch. (1995b). Genetics estimates for parasite resistance traits in sheep and their correlation with production traits. New Zealand journal of zoology 22: 177
57. Morris C.; Vlassoff A.; Bisset S.; Baker R.; Watson T.; West C. and Wheeler M. (2000) Continued selection of Romney sheep for resistance or susceptibility to nematode infection: estimates of direct and correlated responses. *Animal Science* **70** 17-27.
58. Morris C.A.; Bisset S.A.; Vlassoff A.; Baker R.L.; Watson T.G.; Leathwick D.M. and Wheeler M. (1997a). Correlated responses in fleece weight to selection for divergence in faecal nematode egg count in New Zealand Romneys and Perendales. *Proceedings of the New Zealand Society of animal production* **57** 26-28.-
59. Morris C.A. and Bisset S.A. (1997b). Breeding sheep which require minimal anthelmintic treatment: a review of the genetics of resistance and resilience of sheep to nematode parasites. *Managing anthelmintic resistance in endoparasites (WAAVP) Sun City South Africa* pps 21-29
60. Morris C.A.; Vlassoff A.; Bisset S.A.; Baker R.L.; West C.J. and Hurford A.P. (1997). Responses of Romney sheep to selection for resistance or susceptibility to nematode infection. *Animal Science* **64** 319-329
61. Morris C.A.; Wheeler M.; Watson T.J.; Hosking B.C. and Leathwick D.M. (2005). Direct and correlated responses to selection for high or low faecal nematode egg count in Perendale sheep. *New Zealand journal for agricultural research.* **48** 1-10
62. Mugambi J.M.; Bain R.K.; Wanyangu S.W.; Ihiga M.A.; Duncan J.L.; Murray M. and Stear M.J. (1997) Resistance of four sheep breeds to

- natural and subsequent artificial *Haemonchus contortus* infection. Vet. Parasitology 69: 265-273.
63. Nari A. (2008). Control integrado de parásitos: del interés académico a la realidad. XXXVI Jornadas de Buiatría. Paysandú- Uruguay.
64. Nari A. Cardozo H. Berdie J. Canabez F y Bawden R. (1977). Dinámica de población para nematodos gastrointestinales para ovinos en el Uruguay. Veterinaria **14** (66).
65. Nari A.; Salles J.; Gil A.; Waller P. and Hansen J. (1996) The prevalence of resistance in nematode parasite of sheep in Southern Latin America: Uruguay. Veterinary parasitology **62** 213-222.
66. Nari A. y Cardozo H. (1987). Nematodos Gastrointestinales. In : Enfermedades de los lanares Bonino; Duran y Mari. Hemisferio Sur Montevideo-Uruguay.
67. Oficialdegui R. y Gaggero C. (1990). Sistemas de producción evaluados en el SUL. In: III Seminario técnico de producción ovina pp. 13-48.
68. Pereira D., Castells D. y Deschenaux H. (2006). Infectividad de campo natural contaminado con huevos de *Haemonchus contortus* en las cuatro estaciones del año. Producción ovina (18) 57-65.-
69. Piper L.; Le Jambre L.; Southcott W. And Ch'ang T (1978). Natural worm burdens in Dorset horn, Merino and Corriedale weaners and their crosses Proceedings Australian Society of Animal Production **12** 276
70. Pocock M.J., Eady S.J. and Abbott K.A. (1995). Nemesis in action – Breeding for worm resistance In: Proceedings of the 11th Conference of the Australian Association of Animal Breeding and Genetics. Adelaide, SA 74-78
71. Preston J.M. and Allonby E.W. (1978). The influence of breed on the susceptibility of sheep and goats to a single experimental infection with *Haemonchus contortus*. Veterinary Record 103: 509-512
72. Stear M.J., Baldock F.C., Brown S.C., Gershwin L.J., Hetzel D.S.J., Miller J.E., Nicholas F.W., Rudder T.H. and Tierney T.J. (1990). The genetic control of gastrointestinal nematode infections in ruminants. Proceedings of the 4th world congress on genetic applied to livestock production 16 449-452
73. Swann A.A. (2000). Mission report of FAO TCP/URU/8921 Resistencia genética del ovino a los nematodos gastrointestinales en el Uruguay. 23 pp.

74. Tramontano R.A. (1979). Parasitología. División publicaciones y ediciones de la Universidad de la República 131 pp.
75. Urioste J. (2008). Factores que afectan al progreso genético. . III Seminario sobre mejoramiento genético en ovinos 23 al 25 de junio de 2008. Termas de Arapey Uruguay.
76. Van Wyk J.A. (2000) Rampant anthelmintic resistance makes it imperative to manage worms with a multifaceted approach (4-8). In: Sustainable worm control programmes for sheep and goats. FAO TCP Workshop South Africa.
77. Van Wyk J.A.; Malan F.S. and Bath G.S. (1997). Rampant anthelmintic resistance in sheep in South Africa – What are the options?. Managing anthelmintic resistance in endoparasites (WAAVP) Sun City South Africa pps. 57-57
78. Vlassoff A. and McKenna P.B. (1994). Nematode parasite of economic importance in sheep in New Zealand. New Zealand Journal of Zoology **21** 1-8
79. Kalkden-Brown S.W. and Eady S. (2003). Nutritional influences on the expression of genotypic resistance to gastrointestinal nematode infection in sheep. Australian Journal of experimental agriculture. **43** 1445-1454.
80. Whitlock J. (1958) The inheritance of resistance to *Trichostrongylidosis* in sheep. Demonstration of validity of the phenomena. Cornell Veterinarian **48** 127-133.
81. Williamson J.; Blair H.; Garrick D.; Pomroy W.; Douch P.; Green R and Simpson. (1995) Parasitism and production in fleece-weight-selected and control sheep. New Zealand Journal of Agricultural Research. **38** 381-387
82. Windon R. (1991). Resistance mechanism in the *trichostrongylus* selection flock . In “Breeding for disease resistance in sheep” Wool research and development Corporation Australia. 77-86.
83. Wood I.B.; Amaral N.K.; Bairden K.; Duncan J.L.; Kassai T.; Malone J.B.; Pankavich J.A.; Reinecke R.K.; Slocombe O.; Taylor S.M. y Vercruyse J. (1995). World association for the advancement of veterinary parasitology (W.A.A.V.P.) second edition of guidelines for evaluating the efficacy of anthelmintics in ruminants (bovine, ovine, caprine). **58** 181-213.-
84. Woolaston R.; Windon R. and Gray G. (1991) Genetic variation in resistance to internal parasites in Armidale. In “Breeding for disease resistance in sheep” Wool research and development Corporation Australia. 1-10

85. Woolaston R.R. (1994a). Preliminary evaluation of strategies to breed Merinos for resistance to roundworms. 5th world congress on genetic applied to livestock production. 4 pp.
86. Woolaston R. and Piper L. (1996). Selection of merino sheep for resistance to *Haemonchus contortus*: genetic variation. *Animal Science* **62** 451-460.
87. Woolaston R.; Manuelli P.; Eady S.J.; Barger I.; Le Jambre L.; Banks D. and Windon R. (1996). The value of circulating eosinophil count as a selection for resistance of sheep to Trichostrongyle parasites. *International journal for parasitology* **26** 121-126.-
88. Woolaston R.R. (1994). Worms in Merinos: prospects for improved control through breeding. IV World Merino conference. Montevideo Uruguay SUL 159-174