

Evolución del Núcleo Merino Australiano de Resistencia a Parásitos Gastrointestinales de Facultad de Agronomía y los aportes del CRILU

Elize van Lier¹, Anthony Burton¹, Brenda Vera², Estefanía Romaniuk¹, Beatriz Carracelas², Sebastián Viera¹, Darío Fros¹, Ricardo Rodríguez Palma¹, María Helena Guerra¹, Richard Möller¹, Gabriel Ciappesoni²

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Impacto de las parasitosis gastrointestinales en la producción ovina

Los nematodos gastrointestinales (NGI) han sido y continúan siendo un problema significativo en la producción ovina mundialmente (Castells, 2004). Los NGI interfieren con la correcta ingestión y digestión de los alimentos, así como con la absorción de los nutrientes, reduciendo la eficiencia de conversión del alimento. Al mismo tiempo causan lesiones en el tracto gastrointestinal (TGI) que conducen a diarreas, pérdidas de nitrógeno (hipoproteinemias) y anemia (dependiendo del parásito involucrado), y eventualmente a la muerte del animal (Sykes, 1994; Mederos, 1998; Coop y Kyriazakis, 2001). Los NGI no solo compiten por los nutrientes del huésped, sino que también causan daño tisular que resulta en pérdidas económicas directas como son los costos de los tratamientos y mortalidad de los ovinos, e indirectas, al reducir la productividad (Sykes, 1994). Esto incluye disminución de la producción de lana (Nari y Cardozo, 1987) y carne (Jacobson et al., 2009), así como una menor eficiencia reproductiva de la majada (Fernández Abella et al., 2006). En el mundo, las pérdidas económicas asociadas a las parasitosis por NGI han sido estimados en miles de

millones de dólares anuales (McLeod, 1995; Roeber et al., 2013). Más recientemente, *Meat and Livestock Australia* (MLA) calcularon las pérdidas anuales asociadas a los NGI en 665 millones de dólares australianos y concluyeron que la estructura de costos no ha variado sustancialmente desde los estudios realizados en la década del 1980 (Shephard et al., 2022). En Uruguay, las pérdidas se estimaron en una disminución del 24 % en peso vivo, del 29 % en la producción de lana y un 50 % de mortandad en la cría ovina (Castells et al., 1995; 1997).

Los principales géneros presentes en Uruguay que afectan a los ovinos son *Haemonchus* spp. y *Trichostrongylus* spp., y, en menor medida *Teladorsagia* (antes *Ostertagia*), *Oesophagostomum*, *Cooperia*, *Trichuris* y *Nematodirus* (Nari et al., 1977; Castells et al., 2011). Estos nematodos cumplen una etapa de su ciclo de vida en una fase interna, o parasitaria, en el hospedador (10 %), y otra externa en la pastura (90 %) (Nari y Cardozo, 1987). Los huevos de los parásitos son eliminados al exterior con las heces, pasando por 5 fases larvarias hasta transformarse en adultos. La larva 3 es la forma infestante, la cual es ingerida por el ovino durante el pastoreo. Los síntomas de la parasitosis aparecen entre 2 a 4 semanas después de ingerir las larvas, dependiendo de la especie. Las infestaciones por NGI son estacionales, predominando especies de *Haemonchus*

¹ Dpto. de Producción Animal y Pasturas, Estación Experimental Facultad de Agronomía Salto, Facultad de Agronomía, Universidad de la República.

² Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, INIA.

spp. en otoño y primavera, pero también en veranos lluviosos, debido a las condiciones de alta humedad y temperatura que favorecen el desarrollo larvario (Castells, 2004). Por otro lado, *Trichostrongylus* spp. se presenta con mayor frecuencia en otoño e invierno (Nari et al., 1977; Mederos, 2002), aunque en algunos años también puede aparecer en primavera (Castells, 2008). Los huevos y larvas prosperan en las pasturas con alta humedad, por lo que las lluvias son un factor clave, y, además, son dependientes de la temperatura ambiente, variando según el género. A esto se agrega el fenómeno de hipobiosis que es un estado de metabolismo reducido y desarrollo detenido que ocurre en estadios adultos de nematodos dentro del hospedero cuando las condiciones externas son adversas para la supervivencia de los huevos y las larvas (Sommerville y Davey, 2002). Para el género *Haemonchus* spp. esto ocurre frecuentemente durante el otoño/invierno (Nari et al., 1977; Nari et al., 1982).

1.2. Medidas de control

El control de las parasitosis gastrointestinales puede enfocarse en los animales, mediante administración de antihelmínticos, como en las pasturas, mediante su manejo estratégico. Las drogas antihelmínticas son la herramienta más usada para controlar las parasitosis causadas por NGI. Actualmente, existen 3 familias de antihelmínticos disponibles en el mercado: benzamidazoles (como el albendazol), los agonistas nicotínicos (como el levamisol) y las lactonas macrocíclicas (como la ivermectina). Estas drogas se presentan en formulaciones individuales o combinadas. Ninguna de estas drogas tiene una eficacia del 100 %, lo que contribuye a la selección de nematodos resistentes a los antihelmínticos. La introducción de nuevas clases de drogas de bajo costo durante las décadas de 1950 a 1980 promovió su uso intensivo, favoreciendo la selección de nematodos resistentes, incluso con resistencia cruzada a múltiples fármacos. Esto se debió a que el control parasitario se basaba casi exclusivamente en el uso de estos productos (Kaplan, 2004). Además, estos tratamientos solo afectan a las formas parasitarias de los

nematodos, que representan solo el 10 % de la población. Por lo tanto, la protección que confieren a los ovinos es necesariamente temporal. Sin embargo, la vida útil de los antihelmínticos puede prolongarse mediante estrategias como el traslado de los ovinos a pasturas limpias luego de la dosificación (Castells, 2004).

La erradicación de las parasitosis causadas por NGI es imposible, ya que el 90 % de la población de estos nematodos reside en las pasturas. La supervivencia de las larvas en las pasturas depende de la humedad y la temperatura ambiente, por lo que las condiciones particulares de un año pueden influir en la intensidad de las parasitosis. Sin embargo, existen varias estrategias de manejo de pastoreo que interfieren con el ciclo biológico de los NGI (Barger, 1997; Castells et al., 2006). Estas consisten en el pastoreo alternado de ovinos y bovinos, el pastoreo mixto (ambas especies juntas) y dejar las pasturas desocupadas por un período de tiempo; todas diseñadas para reducir la posibilidad de contacto entre el parásito y el ovino (Castells, 2004). El pastoreo alterno se basa en que los bovinos y ovinos no comparten NGI, por lo que la ingesta de especies que afectan al ovino por los bovinos tendría un efecto de «aspiración», reduciendo la carga parasitaria en la pastura, además de que el bovino adulto en buen estado es relativamente resistente a la parasitosis por NGI (Barger, 1999). Por otro lado, el pastoreo mixto disminuye la densidad de ovinos por hectárea, por lo que genera un efecto de «dilución» sobre la carga parasitaria de la pastura (Pereira et al., 2013). Las larvas infestantes de los NGI están protegidas por la cutícula de la larva del estadio anterior lo que le confiere protección, pero les impide alimentarse. Si estas larvas infestantes no son ingeridas por un hospedador adecuado, agotan sus reservas energéticas y mueren. En este contexto, la desocupación de las pasturas tiene como objetivo la muerte de las larvas infestantes al transcurrir el tiempo, dejando la pastura «segura» para los ovinos, especialmente si han sido dosificados previamente (Barger, 1999).

Existen otros métodos de control que aún no se han difundido masivamente como la vacunación, el control biológico de las larvas

con hongos, la dosificación con cobre y la suplementación con proteínas y taninos condensados. Las vacunas se han desarrollado contra antígenos de las células epiteliales del intestino de los nematodos. Al ingerir la sangre del hospedero los anticuerpos se unen a estos antígenos, interfiriendo con la función digestiva del nematodo (Knox et al., 2003; LeJambre et al., 2008). Aunque en los nematodos adultos los anticuerpos no siempre causan su muerte, sí pueden reducir la postura de huevos. Por otro lado, el control mediante el hongo *Duddingtonia flagrans* se basa en la destrucción de las larvas presentes en las heces previo a su migración a las pasturas. Este hongo sobrevive al paso por el TGI de los rumiantes en forma de esporas, germinando en las heces frescas (Waller, 1999). Antes de la aparición de las drogas antihelmínticas en la década del 1930, se utilizaba el cobre como tratamiento de los parásitos gastrointestinales (PGI). Dada su toxicidad, la forma de administración es en bolos ruminales que contienen partículas de óxido de cobre de liberación lenta. Estas partículas se adhieren a la mucosa del abomaso, donde liberan iones de cobre que afectan a los NGI localizados en este órgano, con menor impacto en las poblaciones intestinales (Waller, 1999). Por otro lado, una dieta suplementada con proteínas puede mejorar la respuesta inmunitaria del hospedero, lo que resulta en una menor supervivencia de las larvas o en una reducción de su colonización del TGI (Coop y Kyriazakis, 2001). Asimismo, los taninos condensados, presentes en algunas pasturas leguminosas, han sido efectivos en reducir la carga parasitaria, ya sea por su unión a proteínas protegiéndolas de la degradación ruminal y su efecto posterior en la inmunidad, o por una acción directa sobre los parásitos (Coop y Kyriazakis, 2001).

La combinación de diferentes métodos de control constituye el «Control Integrado de Parásitos» (CIP), cuyo objetivo principal es reducir la frecuencia del uso de drogas antihelmínticas (Castells, 2004). El éxito del CIP depende del conocimiento de la epidemiología de los NGI y de cómo esta se ve afectada por las condiciones ambientales locales. Por lo tanto, no existen «recetas» técnicas, sino conceptos para tener en cuenta al diseñar

una estrategia apta para cada sistema de producción. El CIP es muy relevante porque el uso de antihelmínticos tiene varios inconvenientes. La disponibilidad y el bajo costo de estos productos han fomentado su uso indiscriminado (Kaplan, 2020) e incorrecto (sub-dosificación), lo que provocó la aparición de resistencia antihelmíntica (Fissiha y Kinde, 2021). Dado que la eficacia de los antihelmínticos nunca alcanza el 100 %, luego de cada tratamiento hay nematodos que sobreviven por lo que se seleccionan los parásitos resistentes a la droga. La alta frecuencia de uso de estos productos antihelmínticos intensifica aún más esta selección. Aunque en el pasado no fue problemático, gracias a la introducción frecuente de nuevos compuestos con principios activos diferentes, en los últimos 30 años solo dos nuevos compuestos (monepantel y derquantel) han salido al mercado, por lo que es fundamental proteger la eficacia de los fármacos existentes mediante un uso adecuado (Lifschitz et al., 2017). Por otro lado, los antihelmínticos administrados son parcialmente eliminados con las heces y la orina (Lagos et al., 2023) y pueden persistir en el suelo (Lagos et al., 2022). Algunos principios activos de estas drogas, como la ivermectina, tienen un efecto negativo en los escarabajos del estiércol, que juegan un rol crucial en la descomposición de las heces y en la salud del suelo, al liberar nutrientes esenciales para los microorganismos (Canziani y González-Vainer, 2022). El uso excesivo de drogas antihelmínticas puede impactar negativamente en la salud del suelo, y, por ende, afectar el funcionamiento de los sistemas pastoriles (Beynon, 2012). Además, estos fármacos dejan residuos químicos en la carne y la lana, perjudicando la industria debido a los riesgos asociados y los tiempos de espera para la comercialización.

1.3. Selección genética por resistencia a parasitosis gastrointestinales

Se ha observado que en las infestaciones naturales por NGI no todos los individuos son igualmente afectados, y existen animales más resistentes a las parasitosis por NGI. Se entiende por «resistencia» a la capacidad de

suprimir el establecimiento y/o el desarrollo subsiguiente de infestación de nematodos. Esta variabilidad en la resistencia a NGI sugiere que es posible seleccionar por este rasgo (Albers y Gray, 1987). Los beneficios de cualquier programa de selección dependen de la tasa de progreso que se pueda obtener, la cual está determinada por la cantidad de variación genética disponible, la heredabilidad del rasgo y la eficiencia reproductiva. Los beneficios de un programa de selección se acumularán mediante aumento de productividad y reducción de los costos asociados al tratamiento de las parasitosis (Albers y Gray, 1987). Por lo tanto, la selección de animales más resistentes representa una alternativa eficaz para el control de las parasitosis por NGI.

La vía genética tiene una serie de ventajas comparada con los otros métodos de control de las PGI, y, en todo caso, se complementan. Las ganancias genéticas en resistencia a los parásitos gastrointestinales (RPGI) obtenidas mediante la selección son de carácter permanente, y se transmiten a las generaciones futuras (Bishop, 2012). A diferencia de los antihelmínticos, la resistencia a parásitos adquirida por la vía genética no ha sido superada por los parásitos (Bishop et al., 2003; Bishop, 2012). Además, tiene la ventaja de que la selección por resistencia a un parásito interno confiere también resistencia a otros parásitos (Gruner et al., 2004; Sallé et al., 2021), lo que resulta en una resistencia de amplio espectro.

El método más difundido para seleccionar por RPGI ha sido el recuento de huevos por gramo de materia fecal (HPG), que ha mostrado tener una moderada a alta correlación con la carga de nematodos, por lo que es un buen indicador del nivel de resistencia del individuo (Bisset et al., 1996; Davies et al., 2005). Este rasgo ha mostrado una heredabilidad moderada en varias razas ovinas en diferentes países, con valores en el rango de 0,2 a 0,4 (Bishop, 2012). Sin embargo, la inclusión de este rasgo en programas de selección no ha sido ampliamente adoptada, principalmente debido al proceso de registro. Pese a no ser un registro muy costoso, es laborioso y su protocolo en infestaciones naturales requiere un seguimiento de los ani-

males durante varios meses, que implica un esfuerzo considerable durante el primer año de vida de los corderos.

En Uruguay, desde 1994, la resistencia genética a los parásitos gastrointestinales ha sido incluida en los sistemas de evaluación genética de las razas Merino Australiano y Corriedale. En los últimos años, ha incrementado tanto el número de cabañas como de animales registrados y desde 2019 se amplió a cabañas de las razas Merino Dohne y Merilín. Anualmente, más de 5.000 animales nuevos son integrados a esta evaluación, que es realizada por el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) y el Secretariado Uruguayo de la Lana (SUL), provenientes de 13, 10, 8 y 1 cabañas de las razas Corriedale, Merino Australiano, Merino Dohne y Merilín, respectivamente (www.geneticaovina.com.uy).

El criterio de selección, el HPG, se realiza según un protocolo basado en la experiencia australiana (Cardellino et al., 1994). El HPG se registra en corderos después del destete en dos desafíos naturales independientes separados por un tratamiento antihelmíntico efectivo. Las muestras fecales se recolectan directamente del recto del animal y, tras ser identificadas, se envían al laboratorio de parasitología para la determinación del HPG en un plazo de 72 horas. El HPG se determina utilizando la técnica de McMaster modificada (Whitlock, 1948). Bajo este desafío natural no controlado, el nematodo más prevalente es *Haemonchus* sp., seguido por *Trichostrongylus* sp. (Castells, 2008; Goldberg et al., 2012; Ciappesoni et al., 2023). Dependiendo de las condiciones epidemiológicas, los registros de HPG se realizan a los 8-9 meses y a los 10-12 meses de edad de los corderos (Ciappesoni et al., 2013). Esto corresponde a los meses de mayo a junio y de julio a septiembre, respectivamente, coincidiendo con el final del otoño y el invierno en Uruguay.

La inclusión de un rasgo nuevo en la selección requiere un análisis cuidadoso de los posibles efectos de este sobre los demás rasgos mediante las correlaciones genéticas. Se ha correlacionado, en la raza Merino Australiano, el rasgo HPG con los rasgos de importancia productiva como el diámetro de fibra (DF), el peso del cuerpo (PC) a la

primera esquila, peso de vellón sucio (PVS) y peso de vellón limpio (PVL) (Ciappesoni et al., 2013) donde surge que la correlación entre el DF y los HPG es desfavorable, pero de baja magnitud. Las ventajas de la RPGI son varias: contribuye a mejorar la productividad (Castells et al., 1995), reduce la necesidad de tratamientos antihelmínticos (Byrne et al., 2012), lo que a su vez disminuye los costos y la contaminación química, además de reducir la contaminación parasitaria de las pasturas (Woolaston y Baker, 1996). Asimismo, la selección por RPGI favorece el bienestar animal, al promover una mayor resiliencia en los ovinos, que se adaptan mejor al ambiente (Bishop et al., 2003).

2. FUNDACIÓN DEL NÚCLEO DE RESISTENCIA A PARÁSITOS GASTROINTESTINALES DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL FACULTAD DE AGRONOMÍA SALTO (EEFAS)

2.1. Proyecto INNOVAGRO y sus objetivos

La fundación del Núcleo de RPGI surge en 2015 mediante un proyecto de investigación del Fondo Sectorial INNOVAGRO (convocatoria 2013) financiado por la ANII y liderado por el Dr. Raúl Ponzoni, donde participaron las Facultades de Agronomía y Veterinaria, el INIA y el SUL, con apoyo del Consorcio Regional de Innovación en Lanas Ultrafinas (CRILU) y de la Sociedad de Criadores de Merino Australiano del Uruguay (SCMAU). El objetivo general de este proyecto fue aumentar el retorno económico, reducir el impacto ambiental, y mejorar el bienestar animal, mediante la selección de ovinos Merino Australiano resistentes a las parasitosis gastrointestinales. Para lograrlo, se estableció un núcleo de selección en el cual se seleccionaría intensamente por el mérito genético en HPG. Con este fin, se eligió una estación experimental para fundar una majada de estas características. Como estación experimental, la EEFAS podía incluir el HPG como principal rasgo de selección, lo que permitía garantizar una alta intensidad de

selección y, en consecuencia, una alta respuesta a la misma.

2.2. Rasgo HPG y protocolos de registros

El rasgo HPG se basa en la carga parasitaria de los corderos post-destete en su primer año de vida. La carga parasitaria se estima mediante el conteo de huevos por gramo de heces, sin distinguir entre especies de NGI. Al destete, los corderos reciben un tratamiento antihelmíntico de eficacia comprobada para reducir su HPG a valores menores a 100. Luego, se exponen a una infestación natural y se monitorea una muestra de animales cada 15 a 21 días hasta que el HPG promedio supere los 500 huevos por gramo y que haya menos de 20 % de animales con conteos de HPG menores a 100. En ese momento se toman muestras de toda la generación y se obtiene el dato del HPG1. Posteriormente, se dosifica nuevamente a la progenie para reducir el HPG a menos de 100 y se inicia un nuevo ciclo de infestación hasta llegar a obtener las muestras para el HPG2 (descripción detallada del protocolo en Castells, 2008, y Goldberg et al., 2011).

2.3. Líneas genéticas utilizadas

La majada base para la fundación del Núcleo RPGI consistió en animales descendientes de cuatro razas laneras, Merino, Merilín, Ideal y Corriedale, que fue complementada con donaciones y capitalizaciones de ovejas Merino Australiano de diferentes orígenes (El Blanquillo en 2007, El Totoral en 2008, La Magdalena, Los Arrayanes, Los Manantiales, Piedra Mora y La Concordia en 2016). Desde el servicio del 2013 se cuenta con el apoyo ininterrumpido del CRILU, mediante el aporte de carneros ultrafinos, los cuales, desde 2015, se seleccionan también por sus valores destacados en RPGI (específicamente, aquellos con las DEP más negativas para HPG de cada generación). Además, desde 2015, se cuenta con carneros de la cabaña Talitas para la inseminación o el repaso. Talitas ha seleccionado por RPGI durante más de 20 años y produce carneros superiores (percentil 1 % superior para DEP de HPG) en

la Evaluación Genética Poblacional (EGP) del Merino Australiano en Uruguay. El proyecto INNOVAGRO tenía fondos previstos para la importación de semen congelado de cabañas australianas especializadas en la selección por RPGL. El Dr. Ponzoni seleccionó dos cabañas australianas para tales fines; la cabaña Rylington (Servicios de 2015 y 2016) y la cabaña Anderson Rams (www.andersonrams.com.au/index.html) (Servicios de 2017, 2018, 2019, 2022 y 2023). La majada experimental Rylington Merino fue fundada en 1988 en Australia Occidental como una iniciativa conjunta entre instituciones y productores, con el objetivo seleccionar animales por RPGL a partir de valores de cría estimados. Este enfoque permitió desarrollar animales muy resistentes (Karlsson y Greeff, 2006), que se han usado extensamente en majadas comerciales participantes de *Sheep Genetics Australia* (www.sheepgenetics.org.au). Anualmente, se eligen dos borregos provenientes del propio Núcleo de RPGL de la EEFAS como futuros padres. Asimismo, al determinar los apareamientos, se realiza un análisis de parentesco de los futuros corderos, asegurando que la consanguinidad no supere el 2 %.

3. MANEJO GENERAL DEL NÚCLEO RPGL

3.1. Ubicación y alimentación

Los ovinos del Núcleo RPGL son manejados sobre campo natural en la EEFAS (ruta 31, km 21,5, Salto; 33°5' latitud Sur, 55°34' longitud Oeste) que se encuentra en la región de Basalto, sobre la formación Queguay Chico. Los ovinos pastorean todo el año en campo natural y son suplementados estratégicamente según necesidad. La suplementación se hace con afrechillo de arroz y burlanda (Dry Distillers Grain plus Solubles, DDGS, de sorgo o maíz) post-esquila/preparto, pre y post-destete y eventualmente previo al servicio.

3.2. Apareamientos

Se realiza inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en la primera semana de abril, seguido por repaso por lote con un carnero

cada uno para conocer la paternidad. Previo al servicio se vacuna contra clostridiosis y se realiza una dosificación estratégica con antihelmíntico a la majada. El método de sincronización de la ovulación ha variado con el tiempo. Al comienzo la sincronización se realizaba mediante esponjas impregnadas con acetato de medroxi-progesterona (MAP) por 7 días y una inyección de prostaglandina F2alfa (PG), y gonadotropina coriónica equina (eCG) al momento de retirar la esponja. Desde 2020, la sincronización se realiza mediante dos inyecciones de PG, separados por 14 días. Al inicio de la sincronización con PG, se introducen capones androgenizados a la majada de cría, los cuales son retirados unos días después de la IATF. El repaso comienza a los 14 días post-IATF, y al principio comprendía dos celos (unos 25 días), pero desde 2018 se pasó a un solo celo post-IATF (unos 10 días).

3.3. Manejo durante la gestación y parición

El diagnóstico de gestación se realiza en dos momentos: a los 42 días (mayo) y a los 70 días (junio) de la IATF, para conocer el lote de parto y la carga fetal. Previo a la parición se esquilan las ovejas gestantes (en promedio a unos 105 días de la IATF) con peine alto y se suplementa con afrechillo de arroz y DDGS según necesidad. Se vacuna contra clostridiosis, se administra una toma antihelmíntica preparto, y se registra peso vivo y condición corporal (Jefferies, 1961) de las ovejas previo a su entrada al potrero de parición (fines de agosto). En ese momento también se identifica visualmente a las ovejas para poder realizar el control de partos. El potrero de parición, de 50 hectáreas, se cierra para el ingreso de ovinos desde mayo, y se pastorea con bovinos hasta a la parición. Desde el 2015, el potrero cuenta con una estructura que denominamos «refugio», la cual ha sido ampliada y mejorada año a año. El objetivo del refugio es brindar atención las ovejas que lo requieren (resguardo de las condiciones meteorológicas, parto distócico/asistido, corderos de bajo peso), y para esto cuenta con los materiales y las herramientas necesarias.

El control de partos consiste en la toma de registro de los corderos unas horas luego del nacimiento. En ese momento se realiza el caravaneo de los corderos, registrando la fecha de nacimiento, hora aproximada del registro, el número de la oveja, número de caravana del cordero y su sexo, si es único o múltiple, nacido vivo o muerto. Se pesa el cordero y desinfecta el ombligo. Durante este proceso se observa el comportamiento de la oveja y se le asigna un score maternal (Dwyer y Lawrence, 1998).

3.4. Señalada, destete y recría

Las vacunaciones (ectima y clostridiosis) se realizan a los 45 días de edad y tres semanas después se da la segunda dosis de la vacuna contra clostridiosis. El protocolo para la señalada y el descole se ha ido cambiando con los años, pasando del sistema tradicional a uno ajustado a las recomendaciones de bienestar animal (Guía para la producción ética de ovinos en Uruguay). Dado que existen dos picos de parición bien definidos, la señalada de propiedad en las orejas y el descole mediante goma con aplicación de anestésico local se realizan inmediatamente después de cada pico de partos, por lo que el descole se realiza en las primeras dos semanas de vida del cordero. El destete tiene lugar entre fines de diciembre y principios de enero, cuando los corderos tienen en promedio unos 107 días de edad. En este momento se registra su peso vivo, y se administra un antihelmíntico y se vacuna contra clostridiosis.

Previo al destete se realiza suplementación de los corderos al pie de la madre o mediante creep feeding.

Luego del destete los corderos son suplementados durante dos semanas para facilitar la transición alimenticia. Son recriados a campo natural y, en febrero, se separan en lotes según sexo. Durante el otoño e invierno se aplica el protocolo para medición del rasgo HPG. En agosto, se realiza la clasificación visual por técnicos del SUL, y en setiembre se esquilan, registrando PVS y PC y se toman muestras para ser enviadas al SUL para el Flock Testing. Finalmente, en noviembre, se realizan las últimas mediciones sobre los corderos, que incluyen la medición de la circunferencia escrotal y, mediante ecografía realizada por técnicos del INIA, el área de ojo de bife y el espesor de grasa (San Julián et al., 2002).

4. EVOLUCIÓN DE LOS RASGOS

4.1. Tendencias genéticas

El rasgo de HPG ha sido el principal criterio de selección en el Núcleo RPGI desde su conformación en el 2015. A lo largo de los 8 años de selección, se ha logrado un avance significativo en este rasgo, que se diferencia claramente de la media general de la raza (Figura 1A), confirmando el resultado de la intensa selección por HPG. Durante los primeros dos años, se trabajó con semen de origen Rylington (carnero 667, principalmente), y a pesar de contar con poca progenie,

Cuadro 1. Número de carneros, de progenie y diferencia esperada en la progenie (DEP) para HPG para las cabañas que contribuyeron al Núcleo RPGI del 2015 al 2022.

Cabaña	Rylington	Anderson	Talitas	CRILU	EEFAS
Carneros (n)	3	4	5	9	13
Progenie (n)	31	190	119	346	557
DEP HPG *					
Media	-0,16	-0,25	-0,27	-0,14	-0,37
Desvío Estándar	0,19	0,19	0,21	0,09	0,16
Extremo superior	-0,38	-0,38	-0,54	-0,25	-0,71
Extremo inferior	-0,04	0,02	-0,16	0,00	-0,12

* Datos de DEP HPG según los resultados de la evaluación genética del 2022 (Extremo superior = -0,76; 1 % = -0,36; 5 % = -0,22; 10 % = -0,17).

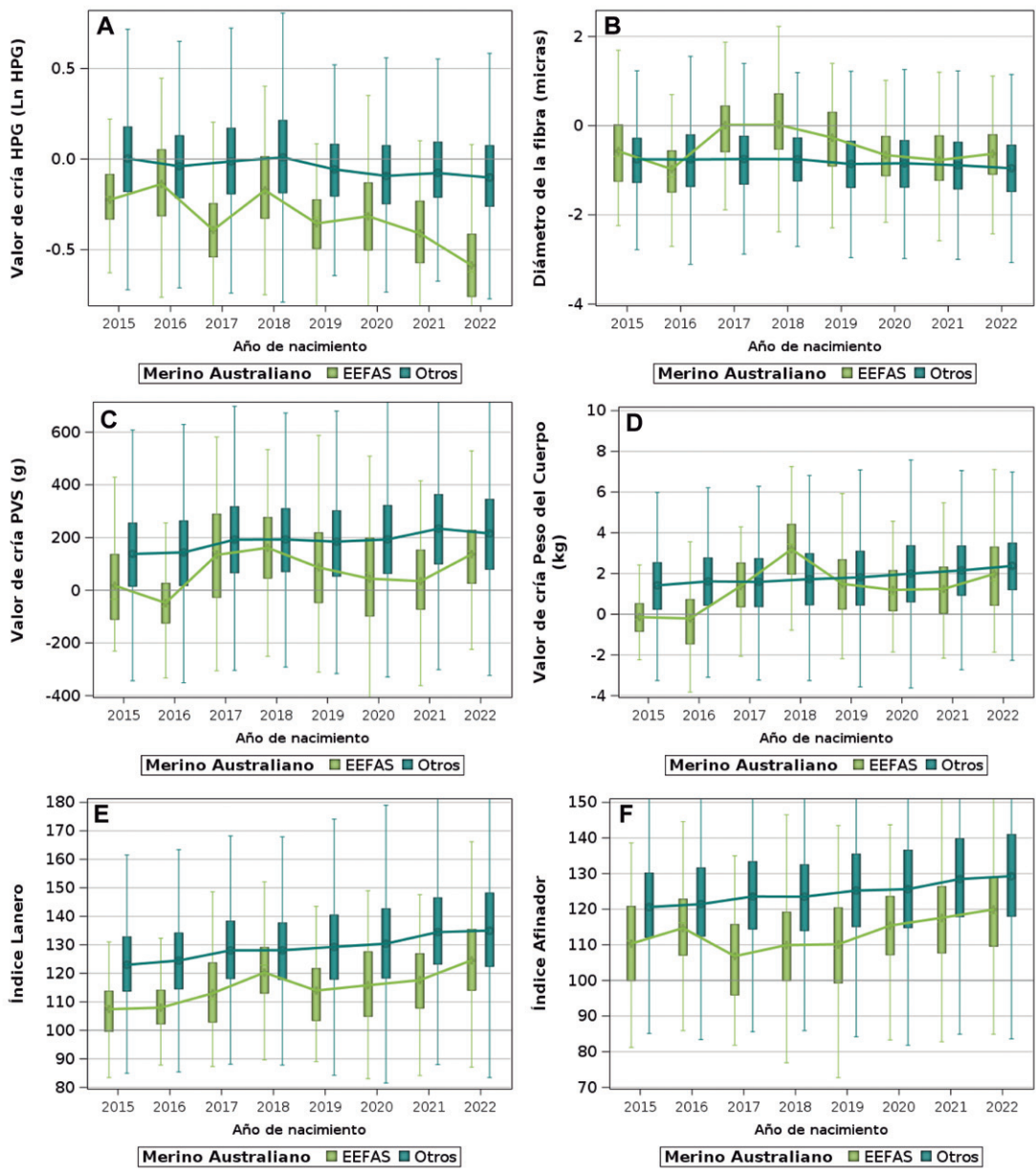


Figura 1. Tendencias genéticas para los rasgos HPG (A), diámetro de fibra (B), peso de vellón sucio (C), peso de cuerpo a la primera esquila (D) y los índices laneros (E) y afinador (F) del Núcleo RPGI de la EEFAFAS (verde claro) y otras cabañas (verde oscuro) del 2015 al 2022, expresados como valor de cría (VC) para cada rasgo y para los índices de selección. Las líneas indican los VC medio, las barras la distribución inter-cuartil con la mediana y los bigotes el mínimo y el máximo.

algunas de sus hijas dieron origen a varios de los padres EEFAFAS. Además, se pudo capitalizar los genes Rylington también a través de la cooperación con la cabaña Talitas con el uso de un carnero hijo de Rylington (carnero 858) que durante muchos años fue el carnero más negativo de toda la población Merino

Australiano en la EGP de Uruguay, y fue utilizado en 2017, 2022 y 2023. A partir del 2017, se introdujo semen de la cabaña Anderson, obteniendo resultados variables. En particular, uno de los carneros (Anderson 120103) no expresó la RPGI en su progenie en Uruguay, siendo el más usado en el servicio del

año 2018. En todos los años, se trabajó con padres con DEP de HPG en el percentil 1 % superior, complementados con carneros de origen CRILU, con DEP de HPG en los percentiles 5 y 10 % superiores. El Cuadro 1 muestra la contribución de las cabañas en términos de número de carneros y progenie, así como sus DEP de HPG. Una vez que se obtuvieron más carneros con DEP destacada en HPG para elegir, se comenzó a mejorar el diámetro de la fibra. Los carneros CRILU son los que más fuertemente han aportado en el descenso del DF, compensando el aumento de este rasgo debido al uso de carneros Rylington y Anderson. El carnero Anderson 120103 fue el que dejó más descendencia en el Núcleo RPGL e impactó positivamente en el índice lanero (Figura 1E), el PVS (Figura 1C) y el PC (Figura 1D), pero desfavorablemente en HPG, DF (valor mayor en las Figuras 1A y 1B, respectivamente) e índice afinador (valor menor en Figura 1F). Hasta el 2023, no se incluyeron específicamente en la selección de los padres los rasgos PVS (Figura 1C) y PC (Figura 1D). Sin embargo, en el 2017 y el 2018, cuando se usó semen Anderson en alta proporción, se observa mejoría en estos rasgos, que después se capitalizaron en las hijas. En las tendencias genéticas mostradas en la Figura 1, se observa el cumplimiento del

principal objetivo de selección de aumentar la RPGL (DEP negativa para HPG) y la mejora en el DF hacia el final de período. Si bien no hubo selección específica por PVS o PC, ambos rasgos van en el sentido correcto. Las tendencias para los índices lanero y afinador están por debajo de la media de la raza Merino Australiano, pero se van acercando a la media poblacional.

4.2. Diámetro de fibra de lana

Para entender la evolución del Núcleo RPGL de la EEFAS es importante conocer su punto de partida. Al momento de su fundación en 2015, el DF promedio era de 21,1 mm, con un rango de 18,5 a 25,0 micras. El desafío de generar una majada altamente resistente a PGI también requería considerar el DF para asegurar que los animales fueran comercialmente competitivos. De otra manera, los animales resultantes no habrían sido de interés para los productores laneros, ni habrían reflejado las características deseables de los animales comerciales de la raza. Con la incorporación de carneros de origen CRILU en la majada, se logró reducir el DF (Figura 1B), para el 2024 el rango se redujo a 16-18 mm (Figura 2). Este aporte del CRILU ha permitido una disminución fenotípica de

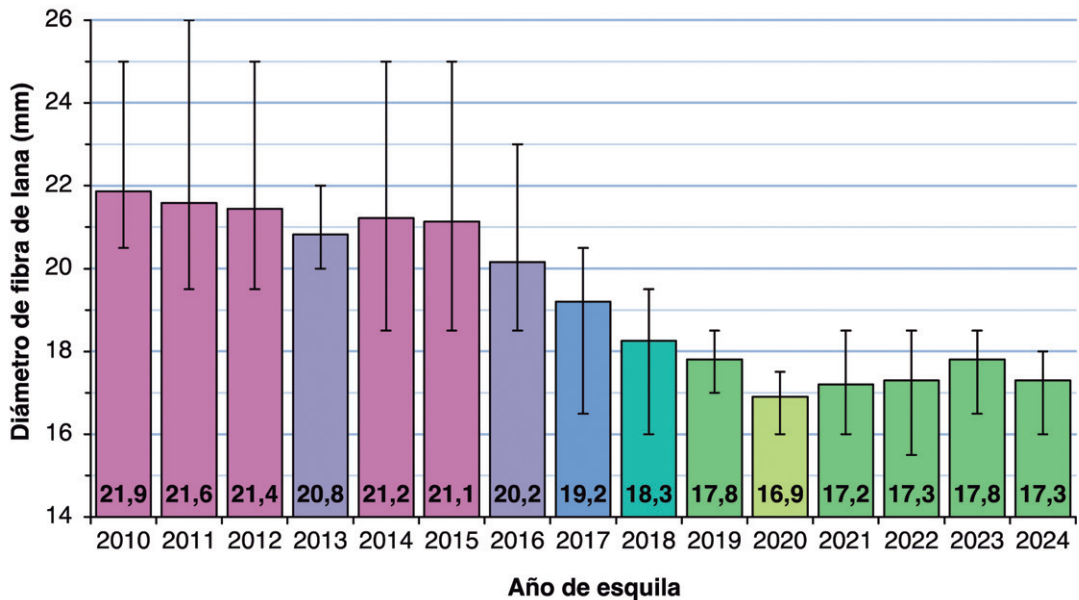


Figura 2. Evolución del diámetro de fibra (mm) ($\pm$ el mínimo y el máximo) en la lana vellón producida del 2010 al 2024 en la EEFAS.

Cuadro 2. Datos del Flock Testing correspondientes al primer vellón y peso del cuerpo a la primera esquila de la progenie EEFAS del 2015 al 2023.

Progenie	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Diámetro (μ)	16,3	15,0	18,4	16,6	16,6	16,1	15,7	16,8	15,9
Coeficiente de Variación (%)	20,7	18,1	16,3	18,3	16,6	16,6	16,8	17,0	16,0
Fibras <30 mm (%)	0,5	0,3	0,4	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
Largo de mecha (cm)	7,5	7,4	10,0	10,1	10,3	9,3	8,5	10,2	9,2
Rendimiento (%)	76,7	80,5	74,3	78,5	74,5	76,5	78,2	75,6	78,5
Peso Vellón Sucio (kg)	1,75	1,69	2,37	2,76	2,62	2,50	2,16	2,96	2,22
PC (kg)	25,5	28,1	34,3	36,0	36,8	33,1	34,6	40,0	30,8

aproximadamente 4 mm en el diámetro de fibra en los 8 años de selección.

La tendencia genética del DF en la EEFAS (Figura 1B) viene acompañando la evolución de la raza Merino Australiano del Uruguay. En los años 2017 y 2018, cuando se usó semen Anderson, se frenó la reducción del DF. Sin embargo, los padres Anderson han tenido un impacto positivo en otros aspectos laneros, como el PVS y el largo de mecha, atributos de importancia comercial (Cuadro 2). La evolución de los resultados del Flock Testing (progenie 2015 al 2023) se muestra en el Cuadro 2. En la EGP del Merino Australiano en Uruguay (<https://www.geneticaovina.com.uy>), los carneros Rylington y Anderson han tenido una DEP positiva para DF, con la excepción del carnero Anderson 120278.

4.3. Comparación de las madres de las progenes 2015 y 2022

El avance genético de la majada es claramente visible al comparar las madres de la progenie 2015 con las de 2022. Las madres del 2022 superaron a las madres del 2015 en varios aspectos, incluyendo índice lanero, índice afinador, DF, PC y HPG, manteniendo valores similares para el PVS (Figura 3). La alta variación en PVS observada en las madres del 2022 demuestra que no ha sido un rasgo tenido en cuenta para la selección, pero a la vez, resalta su potencial de mejora, ya que existen ovejas de 2022 que son superiores a las del 2015.

4.4. Progenie 2022

Con el trabajo realizado y la presión de selección mediante el uso de carneros destacados en HPG se logró un aumento en la RPGI que en 8 años llevó al Núcleo RPGI de la EEFAS a ser la cabaña más resistente de la raza Merino Australiano en Uruguay (Figura 4A). Esta evolución del rasgo es similar a la majada de la cabaña Rylington en Australia, que mostró una respuesta rápida a la selección por HPG (Karlsson y Greeff, 2006). Sin embargo, la concepción general es que el progreso genético en el rasgo HPG es lento, lo que lo hace menos atractivo para los productores. La ventaja que tiene una estación experimental en este escenario es que puede aplicar una alta presión de selección, algo que en el ámbito comercial podría no ser viable. Por otra parte, el Núcleo RPGI no se destaca en el índice lanero (Figura 4B), lo que indica que aún existe margen para mejorar este índice, el cual está compuesto principalmente por los rasgos PVL, DF y PC.

4.5. Evolución del índice lanero y el rasgo HPG

El objetivo de todo cabañero es reunir en un solo animal todos sus rasgos deseados, creando así el carnero o la oveja «perfecta». Una forma de visualizar este proceso de búsqueda de la excelencia es graficando los individuos según sus rasgos de interés en ejes distintos para cada año de evaluación y comparando los resultados obtenidos. La Figura 5 muestra la evolución de los individuos en

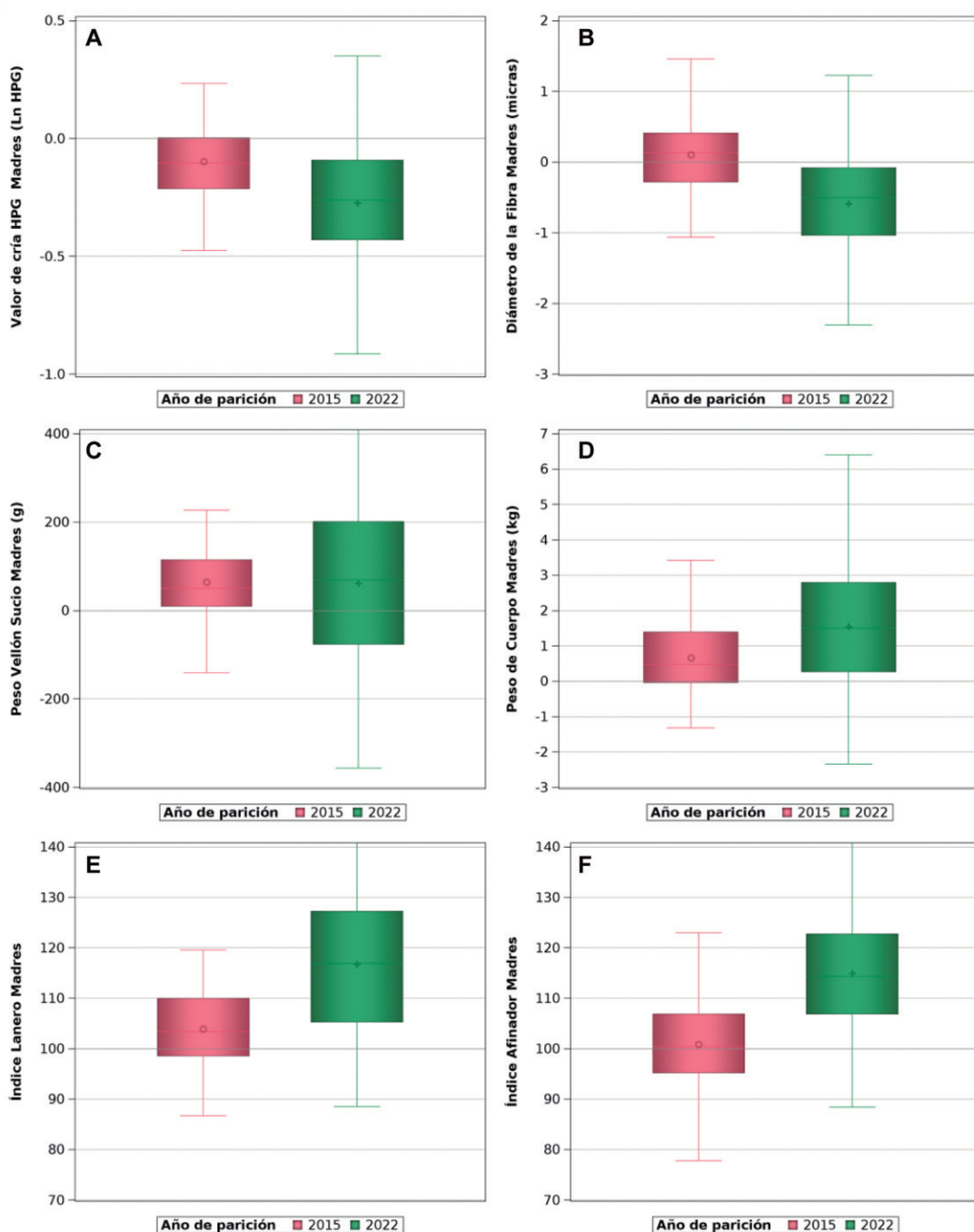


Figura 3. Comparación de las madres de las progenies 2015 y 2022 del Núcleo de RPGI de la EEFAS para los rasgos de HPG (A), diámetro de fibra (B), peso de vellón sucio (C), peso de cuerpo a la primera esquila (D) y los índices lanero (E) y afinador (F), expresados como valores de cría para cada rasgo e índice de selección. Los puntos y cruz indican los VC medio, las barras la distribución inter-cuartil con la mediana (línea horizontal) y los bigotes el mínimo y el máximo.

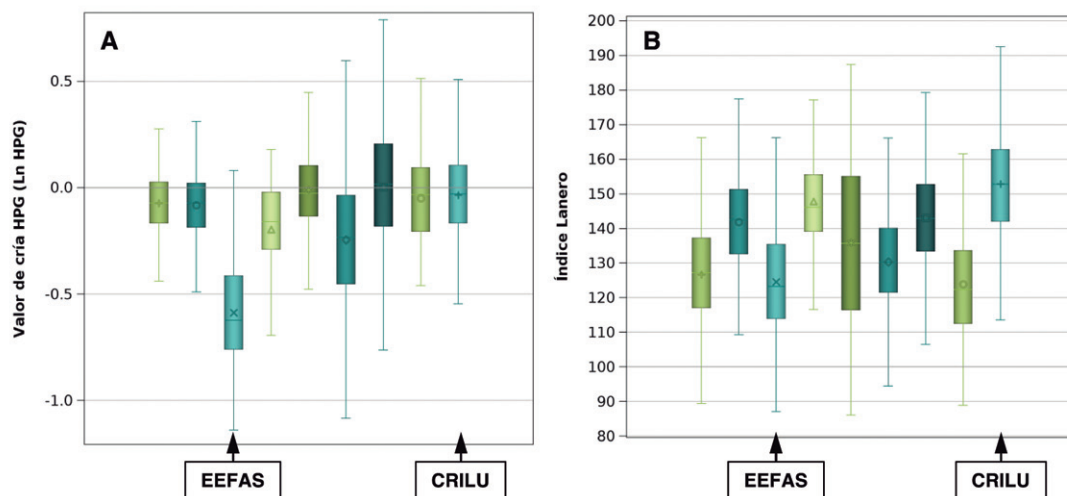


Figura 4. Comparación del valor de cría HPG (Ln HPG) (A) y el índice lanero (B) de la progenie 2022 de la Evaluación Genética Poblacional del Núcleo RPGI de la EEFAS, el CRILU y las otras cabañas Merino Australiano que registran HPG. Los símbolos indican los VC medio, las barras la distribución inter-cuartil con la mediana (línea horizontal) y los bigotes el mínimo y el máximo.

relación con el rasgo HPG y el índice lanero a lo largo de los 8 años de evaluación genética. Se observa una migración sostenida desde el cuadrante inferior derecho hacia el cuadrante superior izquierdo, donde se combina el percentil 1 % superior tanto para el rasgo HPG y como para el índice lanero.

Los resultados obtenidos tras de 8 años de selección muestran que es posible avanzar en la RPGI y al mismo tiempo reducir el diámetro de fibra y mejorar otros rasgos de importancia para la comercialización de la lana. Cada línea de padres ha aportado fortalezas específicas. La cabaña Rylington ha sido fundamental en el aporte de resistencia, tanto a través de carneros como de ovejas fundadoras. La cabaña Anderson ha contribuido a la consolidación de animales con una mejor estructura corporal, un buen crecimiento (PC), vellones más pesados (PVS) y mayor largo de mecha. Por su parte, la cabaña Talitas no solo ha aportado en RPGI, sino también en los demás rasgos de interés productivo, prestando carneros «muy completos». Además, ha sido clave en la conexión del Núcleo RPGI con la EGP. El aporte del CRILU se destaca en la mejora en el DF, brindando además carneros resistentes, lo que ha permitido consolidar de una majada comercialmente viable. La definición de los apareamientos dentro del

Núcleo RPGI se hace en base a combinar los individuos según sus DEP para los diferentes rasgos, lo que genera un «puzzle» genético fascinante, pero posible de armar gracias a las herramientas actuales de mejoramiento genético. Este avance ha sido posible gracias a la colaboración de todos los cabañeros que comparten su información a través el sistema (SULAR).

5. FOCO A FUTURO

La meta en la mejora genética del Núcleo RPGI de la EEFAS será la mejora constante en los rasgos laneros (p.ej. DF y PVS), sin perder de vista el rasgo de HPG. Además, el Núcleo RPGI de la EEFAS es uno de los núcleos informativos del sistema de investigación en mejoramiento genético de la raza Merino Australiano en Uruguay. Como tal, contribuye a los estudios genómicos y a la formación de investigadores mediante programas de maestría y doctorado. El objetivo es conservar este acervo genético y avanzar en la difusión de los resultados, tanto en lo teórico (demostrando que es posible seleccionar por RPGI) como productivos (demostrando que carneros resistentes pueden ser usados exitosamente en majadas comerciales).

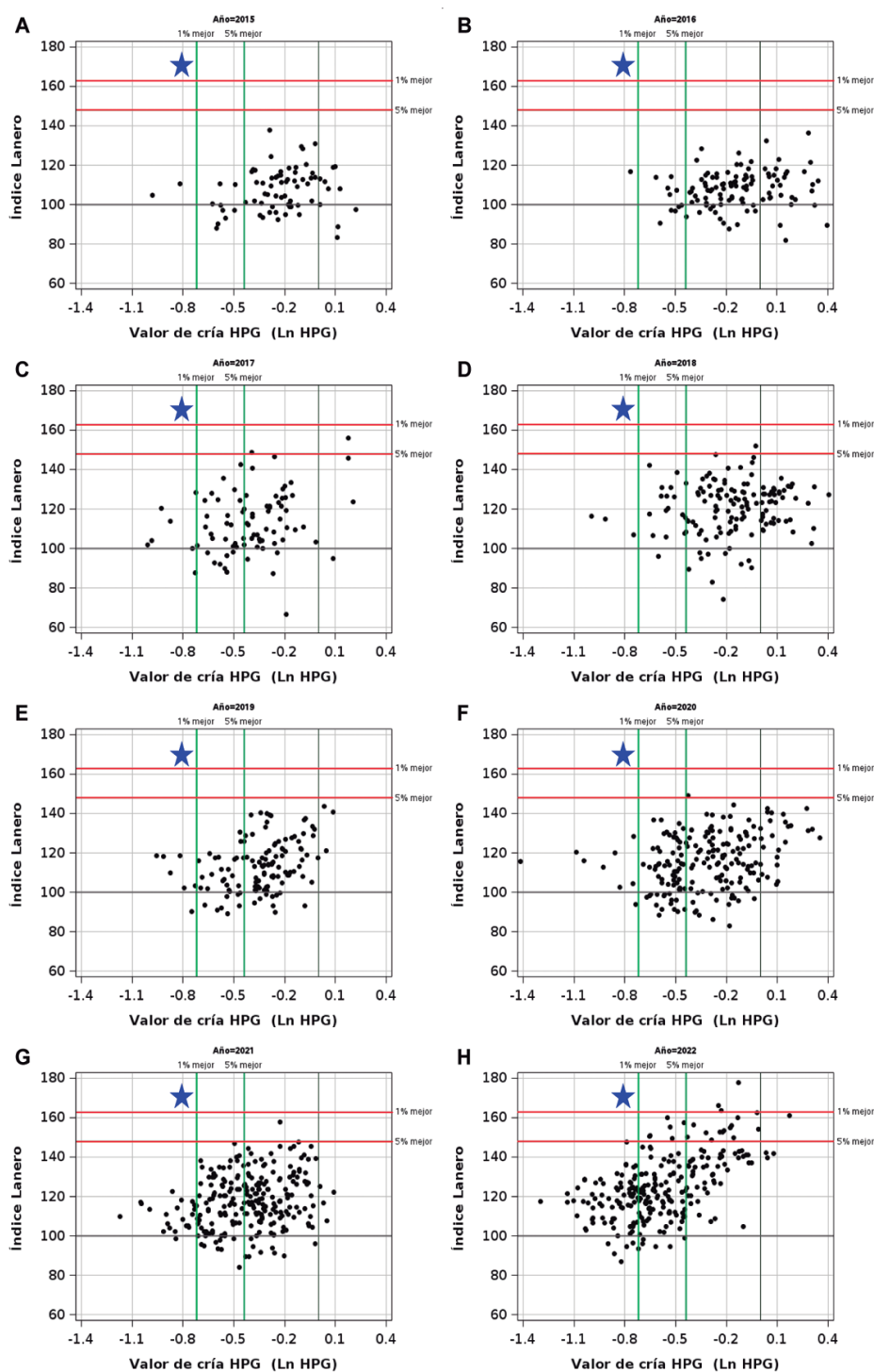


Figura 5. Distribución de la progenie considerando el valor de cría HPG (Ln HPG; eje X) y el índice lanero (eje Y) según año de evaluación genética poblacional (A = 2015, B = 2016, C = 2017, D = 2018, E = 2019, F = 2020, G = 2021 y H = 2022). Nota: Cada punto representa un individuo. Las líneas verticales de color verde indican los límites de los percentiles 1 % y 5 % mejores para HPG y las líneas horizontales rojas indican los límites de los percentiles 1 % y 5 % mejores para el índice lanero. La estrella azul indica el cuadrante meta donde se combina el percentil 1 % superior para el rasgo HPG y el índice lanero.

En un escenario en donde la resistencia antihelmíntica sigue avanzando, el Control Integral de las Parasitosis es cada vez más importante. En este sentido, la RPGI debe ser incluida en el paquete tecnológico y ser promovida activamente mediante la difusión y la extensión para garantizar su adopción en el sector productivo.

6. AGRADECIMIENTOS

Nuestros más sinceros agradecimientos al Dr. Raúl Ponzoni por proponer la radicación del Núcleo RPGI en la EEFAS y sus aportes mediante el proyecto INNOVAGRO.

Al DMTV Daniel Castell por su trabajo pionero en el rasgo HPG y su incansable disposición a evacuar dudas

Al Ing. Agr. Diego Gimeno por su generosidad en compartir sus conocimientos y su rol como articulador.

A los Dres. Jorge Gil y Julio Olivera por su apoyo en la reproducción del Núcleo RPGI.

Al Dr. Sergio Fierro por su asistencia permanente en todos los temas sanitarios.

Al Ing. Agr. Federico de Brum por prestar carneros de Talitas, al CRILU por el aporte de carneros que permitió mejorar la calidad de lana de la majada de la EEFAS y a la SCMAU por los convenios de capitalización con borregas que permitieron el crecimiento de la majada.

También agradecemos a Central Lanera Uruguay por su apoyo al proyecto y la donación de dosis de semen Anderson.

Agradecemos muy especialmente al Tec. Agrop. Yonatan Ponte, al Sr. Sergio Casco y el personal de la EEFAS, así como a todos los estudiantes (Agronomía, Veterinaria y Tecnicatura Agropecuaria) que han participado honorariamente de diferentes tareas en la Unidad de Ovinos de la EEFAS.

Agradecemos también al personal de INIA y SUL involucrados en los registros, los análisis de muestras y análisis de datos para la Evaluación Genética Poblacional del Merino Australiano.

A las siguientes fuentes de financiamiento: Proyecto ANII INNOVAGRO (FSA_2013_1_12560), Proyecto CSIC I+D

287 (2018) Udelar, Proyecto de Dedicación Total Udelar de la Dra. Elize van Lier, proyecto SMARTER (programa de innovación e investigación de la Unión Europea Horizon 2020, acuerdo N°772787), Proyectos INIA RUMIAR (INIA_CL_38) y Resistencia a Parásitos (INIA_CL_40), y la Estación Experimental Facultad de Agronomía Salto.

7. BIBLIOGRAFÍA

ALBERS GAA, GRAY GD. (1987). Breeding for worm resistance: a perspective. *Int. J. Parasitology* 17(2): 559-566.

BARGER I. (1997). Control by management. *Vet. Parasitology* 72: 493-506.

BARGER I. (1999). The role of epidemiological knowledge and grazing management for helminth control in small ruminants. *Int. J. Parasitology* 29: 41-47.

BEYNON SA. (2012). Potential environmental consequences of administration of anthelmintics to sheep. *Vet. Parasitology* 189: 113-124.

BISHOP SC, DE JONG M, GRAY D. (2003). Opportunities for incorporating genetic elements into the management of farm animal diseases: policy issues. Background Study Paper No. 18. Rome, FAO.

BISHOP SC. (2012). Possibilities to breed for resistance to nematode parasite infections in small ruminants in tropical production systems. *Animal* 6(5): 741747.

BISSET SA, MORRIS CA, SQUIRE DR, HICKEY SM. (1996). Genetics of resilience to nematode parasites in young Romney sheep – use of weight gain under challenge to assess individual anthelmintic treatment requirements. *N. Z. J. Agr. Res.* 39: 314-323.

BYRNE TJ, LUDERMANN CI, AMER PR, YOUNG MJ. (2012). Broadening breeding objectives for maternal and terminal sheep. *Livestock Science* 144(1-2): 20-36.

CANZIANI C, GONZÁLEZ-VAINER P. (2022). Structure and Composition of Dung Beetle Assemblages (Coleoptera: Scarabaeidae) in a Livestock Ranch in Central Uruguay: Responses of Functional Groups and Species to Local Habitats and Trophic Resources. *The Coleopterists Bulletin* 76(3): 407-418.

CARDELLINO R, PEÑAGARICANO J, CAS-

- TELLS D. (1994). Central de Prueba de Progenie Corriedale «Dr. Alberto Gallinal» Generación 1994. Sociedad de Criadores de Corriedale. Nro. 1 14 pp.
- CASTELLS D, NARI A, RIZZO E, MARMOL E, 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.
- CASTELLS D, NARI A, RIZZO E, MARMOL E. (1997). Efecto de los nematodos gastrointestinales en la etapa de recría ovina sobre el desempeño productivo posterior. Producción Ovina 10: 9-18.
- CASTELLS D. (2004). Métodos integrados de control de parásitos gastrointestinales: manejo del pastoreo. En: Seminario de actualización Parasitosis gastrointestinales en ovinos y bovinos. INIA Tacuarembó, p 2-5.
- CASTELLS D, SALLES J, RIZZO E, NARI A. (2006). Efectos del sistema de pastoreo con diferentes tiempos de permanencia o descanso de las pasturas en la parasitosis por nematodos gastrointestinales de ovinos. XXXIV Jornadas Uruguayas de Buetría pp 66-70.
- CASTELLS D. (2008). Evaluación de Resistencia genética de ovinos Corriedale a los nematodos gastrointestinales en Uruguay: heredabilidad y correlaciones genéticas entre el recuento de huevos de nematodos y características productivas. Tesis de maestría, Facultad de Veterinaria, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.
- CASTELLS D, GAYO V, MEDEROS A, MARTÍNEZ D, RISSO E, RODRÍGUEZ A, SCREMINI P, OLIVERA J, BANCHERO G, LIMA AL, LARROSA F, CASARETTO A, BONINO J, ROSADILLA D, FRANCHI M, QUINTANA S, QUINTANS G. (2011). Epidemiological study of gastrointestinal nematodes of sheep in Uruguay. Prevalence and seasonal dynamics. 23rd International Conference of the World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology, 21-25, August, Buenos Aires, Argentina, session A.
- CIAPPESONI G, GOLDBERG V, GIMENO D. (2013). Estimates of genetic parameters for worm resistance, wool and growth traits in Merino sheep of Uruguay. *Livestock Science* 157: 65-74.
- CIAPPESONI G, MARQUES C B, NAVAJAS EA, PERAZA P, CARRACELAS B, VERA B, VAN LIER E, DE BARBIERI I, SALADA S, MONZALVO C, CASTELLS D. (2023). Breeding for sheep parasite resistance in extensive production systems in Uruguay: from phenotype to genotype. Pp 224-236 In: Viljoen G, Garcia Podesta M & Boettcher P (eds). *International Symposium on Sustainable Animal Production and Health – Current status and way forward*. Vienna, Austria, 28 June to 2 July 2021. Rome, FAO. ISBN 978-92-5-137052-0.
- COOP RL, KYRIAZAKIS I. (2001). Influence of host nutrition on the development and consequences of nematode parasitism in ruminants. *Trends in Parasitology* 17(7): 325-330.
- DAVIES G, STEAR MJ, BISHOP SC. (2005). Genetic relationships between indicator traits and nematode parasite infection levels in 6-month-old lambs. *Animal Science* 80: 143-150.
- DWYER C, LAWRENCE A. (1998). Variability in the expression of maternal behaviour in primiparous sheep: effects of genotype and litter size. *Applied Animal Behaviour Science* 58: 311-330.
- FERNÁNDEZ ABELLA D, CASTELLS D, PIAGGIO L, DE LEÓN N. (2006). Estudio de la mortalidad embrionaria y fetal en ovinos. Efectos de distintas cargas parasitarias y su interacción con la alimentación sobre las pérdidas embrionarias y la fecundidad. *Producción Ovina* 18: 25-31.
- FISSIHA W, KINDE MZ. (2021). Anthelmintic resistance and its mechanism: a review. *Infection and Drug Resistance* 14: 5403-5410.
- GOLDBERG V, CIAPPESONI G, DE BARBIERI I, RODRÍGUEZ A, MONTOSI F. 2011. Factores no genéticos que afectan la resistencia a parásitos gastrointestinales en Merino uruguayo. *Producción Ovina* 21: 1-11.
- GOLDBERG V, CIAPPESONI G, AGUILAR I. (2012). Genetic parameters for nematode resistance in periparturient ewes and post-weaning lambs in Uruguayan Merino sheep. *Livestock Science* 147(1-3): 181-187.
- GRUNER L, BOUIX J, BRUNEL JC. (2004). High genetic correlation between resistance to *Haemonchus contortus* and to *Trichostrongylus colubriformis* in INRA 401 sheep. *Vet. Parasitology* 119: 5158.

- GUÍA PARA LA PRODUCCIÓN ÉTICA DE OVINOS EN URUGUAY. (2020). Plan Estratégico Nacional del Rubro Ovino (PENRO), pp 26.
- JACOBSON C, PLUSKE J, BESIER RB, BELL K, PETHICK D. (2009). Associations between nematode larval challenge and gastrointestinal tract size that affect carcass productivity in sheep. *Vet. Parasitology* 161(3-4): 248-254.
- JEFFERIES B. (1961). Condition scoring and its use in management. *Tasmanian Journal of Agriculture* 32: 10-21.
- KAPLAN RM. (2004). Drug resistance in nematodes of veterinary importance: a status report. *Trends in Parasitology* 20(10): 477-481.
- KAPLAN RM. (2020). Biology, Epidemiology, Diagnosis, and Management of Anthelmintic Resistance in Gastrointestinal Nematodes of Livestock. *Vet. Clin. Food Anim.* 36: 17-30.
- KARLSSON LJE, GREEFF JC. (2006). Selection response in fecal worm egg counts in the Rylington Merino parasite resistant flock. *Aust. J. Exp. Agric* 46: 809-811.
- KNOX DP, REDMOND DL, NEWLANDS GF, SKUCE PJ, PETTIT D, SMITH WD. (2003). The nature and prospects for gut membrane proteins as vaccine candidates for *Haemonchus contortus* and other ruminant trichostrongyloids. *Int. J. Parasitology* 33: 1129-1137.
- LAGOS S, MOUTZIOURELI C, SPIROPOULOU I, ALEXANDROPOULOU A, KARAS PA, SARATSIS A, SOTIRAKI S, KARPOUZAS DG. (2022). Biodegradation of anthelmintics in soils: does prior exposure of soils to anthelmintics accelerate their dissipation? *Environ. Sci. Pollut. Control Ser.* 29 (41), 62404-62422.
- LAGOS S, TSETSEKOS G, MASTROGIANOPOULOS S, TYLIGADA M, DIAMANTI L, VASILEIADIS S, SOTIRAKI S, KARPOUZAS DG. (2023). Interactions of anthelmintic veterinary drugs with the soil microbiota: Toxicity or enhanced biodegradation? *Environmental Pollution* 334: 122135.
- LEJAMBRE LF, WINDON RG, SMITH WD. (2008). Vaccination against *Haemonchus contortus*: Performance of native parasite gut membrane glycoproteins in Merino lambs grazing contaminated pasture. *Vet. Parasitology* 153: 302-312.
- LIFSCHITZ A, LANUSSE C, ALVAREZ L. (2017). Host pharmacokinetics and drug accumulation of anthelmintics within target helminth parasites of ruminants, *New Zealand Veterinary Journal* 65(4): 176-184.
- MCLEOD RS. (1995). Costs of major parasites to the Australian livestock industries, *Int. J. Parasitology* 25: 1363-1367.
- MEDEROS A. (1998). Parasitosis gastrointestinales de los ovinos: situación actual y avances en la investigación. In: Berretta EJ (Ed.). Seminario de actualización en tecnologías para basalto. INIA Tacuarembó, 3-4 diciembre 1998. INIA Serie Técnica 102: 297-306.
- MEDEROS A. (2002). Parasitosis gastrointestinales de los ovinos: situación actual y avances de la investigación. En: INIA Tacuarembó. Jornada técnica, 31 de octubre, Santa Bernardina, Durazno, Uruguay, 2002. INIA Serie Actividades de Difusión 299: 4-7.
- NARI A, CARDOZO H, BERDIÉ J, CANÁBEZ F, BAWDEN R. (1977). Dinámica de población para nemátodos gastrointestinales de ovinos en Uruguay. *Veterinaria* 14: 11-24.
- NARI A, PETRACCIA C, SOLARÍ MA, CARDOZO H. (1982). La inhibición del desarrollo larvario en nematodos gastrointestinales de ovinos con especial referencia a *Haemonchus contortus*. *Veterinaria* 18: 78-88.
- NARI A, CARDOZO H. 1987. Enfermedades de los Llaneros. Montevideo, Agropecuaria Hemisferio Sur, V 1, p. 1-55.
- PEREIRA D, FORMOSO D, DESCHENAUX H, DEL PINO ML, CASTELLS D, PIAGGIO J. (2013). Influencia de la relación ovino/vacuno y la carga ovina en la infestación parasitaria de los campos. *XLI Jornadas Uruguayas de Buiatría* pp. 97-102.
- ROEBER F, JEXAR, GASSER RB. (2013). Impact of gastrointestinal parasitic nematodes of sheep, and the role of advanced molecular tools for exploring epidemiology and drug resistance - an Australian perspective. *Parasites and Vectors* 6:153.
- SALLÉ G, DEISS V, MARQUIS C, TOSSER-KLOPP G, CORTET J, SERREAU D, KOCH C, MARCON D, BOUVIER F, JACQUIET P, BLANCHARD A, MIALON M-M, MORENOROMIEUX C. (2021). Genetic × Environment Variation in Sheep Lines Bred for Divergent Resistance to Strongyle Infection. *Evol. Appl.* 14: 2591-2602.

- SAN JULIÁN R, DE LOS CAMPOS G, MONTOS-
SI F, DE MATTOS D. (2002). Utilización de
variables pre faena en la estimación del
rendimiento carnicero y de variables pos
faena de canales ovinas. En: Jornada de
Investigación Aplicada a la Cadena Agroin-
dustrial Cárnica, Avances obtenidos: Carne
Ovina de Calidad (1998 – 2001). Convenio
INIA – INAC. Editor: Montossi, F. INIA Ta-
cuarembó, Tacuarembó, Uruguay. Serie
Técnica N° 126. pp. 85-98.
- SHEPHARD R, WEBB WARE J, BLOMFIELD B,
NITHE G. (2022). Priority list of endemic
diseases for the red meat industry – 2022
update. Final report Meat and Livestock
Australia. B.AHE.0327. pp. 260.
- SOMMERVILLE RI, DAVEY KG. (2002). Diapause
in parasitic nematodes: a review. *Can. J.
Zool.* 80: 1817-1840.
- SYKES AR. (1994). Parasitism and production
in farm animals. *Animal Production* 59(2):
155-172.
- WALLER PJ. (1999). International approaches to
the concept of integrated control of nema-
tode parasites of livestock. *Int. J. Parasito-*
logy 29: 155-164.
- WHITLOCK HV. (1948). Some modifications of the
McMaster helminth egg counting technique
and apparatus. *J. Coun. Sci. Ind. Res.* 21:
177.
- WOOLASTON RR, BAKER RL. (1996). Prospects
of Breeding Small Ruminants for Resistan-
ce to Internal Parasites. *Int. J. Parasitology*
26(8-9): 845-855.