



**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS - UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO
ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGROPECUARIA BARILOCHE - INTA**

**EFFECTOS GENÉTICOS DIRECTOS, MATERNOS Y DE AMBIENTE PERMANENTE
PARA CARACTERÍSTICAS DE CRECIMIENTO HASTA EL DESTETE EN OVINOS
TEXEL.**

Ing. Agr. Alicia Beatriz Córdoba

**TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAGISTER EN
PRODUCCIÓN DE RUMIANTES MENORES**

DIRECTOR: Lic. Gen. MSc. Nicolás Giovannini

CO- DIRECTOR: Ing. Agr. MSc. Rodolfo Federico Renolfi

AÑO 2021

**EFFECTOS GENÉTICOS DIRECTOS, MATERNOS Y DE AMBIENTE
PERMANENTE PARA CARACTERÍSTICAS DE CRECIMIENTO HASTA EL
DESTETE EN OVINOS**

Alicia Beatriz Cordoba

Ingeniera Agrónoma recibida en la Universidad Nacional de Santiago del Estero,
Argentina.

Esta Tesis es presentada como parte de los requisitos para optar al grado académico de Magister en Producción de Rumiantes Menores, maestría interinstitucional de la Universidad Nacional del Comahue, Universidad Nacional de Rosario y del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, y no ha sido previamente presentada para la obtención de otro título en estas u otras Universidades. La misma contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en la Estación Experimental de INTA Bariloche, durante el período comprendido entre el período 2000 al 2017, bajo la dirección del Lic. Gen. MSc. Nicolás Giovannini

Nombre y firma del Maestrando: Alicia Beatriz Cordoba

Nombre y firma del Director: Nicolás Giovannini

Nombre y firma del Co – Director: Rodolfo Federico Renolfi

Defendida: 14 de septiembre 2021

AGRADECIMIENTOS

A Dios por poner cosas buenas en mi camino.

A mi madre y mis hijas por ser fieles compañeras en este caminar.

A INTA por la enorme posibilidad de realizar este posgrado.

Al Comité académico de la maestría por brindar un espacio de transmisión de conocimientos sólidos, y por generar un ambiente de cordialidad y amistad. A los evaluadores de este trabajo, por sus aportes.

A mi familia, mi marido, mis hermanos y sobrinos por su cariño y por apoyarme incondicionalmente en cada una de mis locuras.

A mi director Nicolas Giovannini, por su generosidad, su entrega, y principalmente por su gran paciencia durante éste acompañamiento. Eternos agradecimientos a él.

A mi director, mi maestro y casi padre, Rodolfo Renolfi, por acompañarme y orientarme en mi formación profesional.

A Nati y Sergio, mi familia barilochense, porque en la distancia fueron mi contención, mi apoyo, mis hermanos.

A mis compañeros y amigos Silvina Coronel, Marcelo Contreras y Roxana Ledesma por confiar siempre en mí y por su apoyo emocional y logístico para lograr este objetivo.

A mis compañeros de maestría: Daniela, Julia, Exequiel, Esteban, Juan y Daniel, por hacer de Bariloche un lugar cálido para ésta santiagueña.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado con infinito amor y agradecimiento a mi padre, que está presente en todo momento, y en especial a mi madre, que me acompañó en ésta aventura, y sin la cual éste logro no hubiese sido posible. Este trabajo es mitad suyo.

INDICE

TITULO	1
AGRADECIMIENTOS	3
DEDICATORIA	4
INDICE	5
INDICE DE TABLAS	7
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
INTRODUCCION	10
HIPOTESIS	16
OBJETIVO PRINCIPAL	17
OBJETIVOS ESPECIFICOS	17
MATERIALES Y METODOS	18
Base de Datos	18
Análisis estadísticos	19
RESULTADOS	23
Peso Corporal al Nacimiento (PCN)	23
Peso Corporal a los 50 días (PC50)	25
Peso Corporal a los 100 días (PC100)	28
DISCUSIONES	31
Análisis de Varianzas preliminares	31
Peso Corporal al nacimiento	32
<i>Heredabilidad directa</i>	32
<i>Heredabilidad materna</i>	33
Efecto del <i>ambiente permanente</i> materno	34
<i>Correlación entre los efectos genéticos directos y maternos</i>	34
<i>Heredabilidad total</i>	35
Peso corporal a los 50 días	35
<i>Heredabilidad directa</i>	35
<i>Heredabilidad materna</i>	36
Efecto del <i>ambiente permanente</i> materno	36
<i>Correlación entre los efectos genéticos directos y maternos</i>	37
<i>Heredabilidad total</i>	37
Peso corporal a los 100 días	37

<i>Heredabilidad directa</i>	37
<i>Heredabilidad materna</i>	38
<i>Correlación entre los efectos genéticos directos y maternos</i>	38
<i>Heredabilidad total</i>	39
CONCLUSIONES E IMPLICANCIAS	41
BIBLIOGRAFIA	42

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Principales características evaluadas en razas especializadas y doble propósito.....	16
Tabla 2: Características analizadas.....	18
Tabla 3: Resumen de la información genealógica.	19
Tabla 4: Fuentes de variación consideradas en el análisis de la varianza para las características PCN, PC50 y PC100.....	20
Tabla 5: Estadísticas descriptivas para las características PCN, PC50 y PC100.....	23
Tabla 6: Efectos fijos para el modelado de PCN.	23
Tabla 7: Componentes de la variancia, parámetros genéticos y logaritmo de la función de la máxima verosimilitud para los cinco modelos (M1-M5) considerados en la característica peso corporal al nacimiento (PCN).	24
Tabla 8: Prueba de la razón de la verosimilitud para la característica PCN.....	25
Tabla 9: Efectos fijos considerados para el modelado de PC50.	26
Tabla 10: Componentes de la variancia, parámetros genéticos y logaritmo de la función de la máxima verosimilitud para los cinco modelos (M1-M5) considerados en la característica Peso corporal a los 50 días.....	27
Tabla 11: Prueba de la razón de la verosimilitud para la característica PC50.....	29
Tabla 12: Efectos fijos considerados para el modelado de PC100.....	29
Tabla 13: Componentes de la variancia, parámetros genéticos y logaritmo de la función de la máxima verosimilitud para los cinco modelos (M1-M5) considerados en la característica Peso corporal a los 100 días.....	30
Tabla 14: Prueba de la razón de la Verosimilitud para la característica PC100.....	31

RESUMEN

Los parámetros genéticos se utilizan para estimar el valor de la cría de animales, que representa su valor genético. Tener sus especificaciones permite una mayor precisión en las predicciones de los valores genéticos que también se reflejan en la respuesta genética de los personajes a la selección. Bajo la hipótesis de que existen efectos maternos que influyen sobre las características de crecimiento en ovinos Texel, se estimaron los componentes de varianza y los parámetros fenotípicos, genotípicos y ambientales para las características de peso al nacimiento (PCN), peso a los cincuenta días (PC50) y peso a los cien días (PC100) de edad. Se utilizó información proveniente del Servicio Nacional de Evaluación Genética Provino para la raza ovina Texel, correspondiente al período 2000-2017. Se evaluaron genéticamente 6333 animales presentes en la matriz de parentesco. Se realizaron análisis de varianza preliminares con modelos mixtos considerando el año y mes de nacimiento, la edad de la madre al parto, el sexo, tipo de nacimiento, tipo de crianza, grupo contemporáneo y covariables de edad y peso de los corderos para identificar los efectos fijos a incluir en los modelos definitivos a utilizar a posteriori. Para evaluar la importancia de la inclusión de los componentes maternos en los modelos definitivos, se consideraron cinco modelos lineales unicarácter, y se los comparó entre ellos utilizando la prueba de la razón de la verosimilitud. El modelo más completo, que incluye los efectos genéticos directos y maternos, el ambiente permanente y la covariancia entre los efectos genéticos directos y maternos (M5), es el que presentó valores máximos para el logaritmo de la función de la verosimilitud en todas las características analizadas. Los valores de heredabilidad directa estimados para las características PCN, PC50 y PC100 fueron 0,35, 0,37 y 0,18, respectivamente. Los efectos genéticos maternos fueron importantes en todas las características (PCN = 0,16, PC50 = 0,05 y PC100 = 0,03). Los valores de los efectos de ambiente permanente en las características PCN, PC50 y PC100 fueron de 0,1, 0,20 y 0.15 respectivamente. La correlación genética entre los efectos genéticos directos y maternos en todas las características analizadas fueron negativas y de alta magnitud para PCN y PC50 (-0,64 a -0,82) y positiva y débil en PC100 (0.18) Para las características analizadas en este estudio se evidenció que los efectos maternos, tanto genéticos como de ambiente permanente, son un componente importante de variación, y la no inclusión de los mismos en los modelos, genera una sobrestimación de la heredabilidad total, comprometiendo el progreso genético. La estimación de estos efectos proporciona una nueva herramienta disponible para mejorar las predicciones del valor genético de los animales de ésta raza.

ABSTRACT

Genetic parameters are used to estimate the value of animal husbandry, which represents their genetic value. Having their specifications allows greater precision in the predictions of the breeding values also being reflected in the genetic response of the characters to the selection. Under the hypothesis that there are maternal effects that influence the growth characteristics in Texel sheep, the components of variance and the phenotypic, genotypic and environmental parameters for the characteristics of birth weight (PCN), weight at fifty days (PC50) and weight at one hundred days (PC100) were estimated. The source of information is the National Service of Pro-Ovine Genetic Evaluation for Texel sheep, corresponding to the 2000-2017 period. 6333 animals present in the kinship matrix were genetically evaluated. Preliminary variance analysis were performed with mixed models considering the year and month of birth, mother's age at parturition, sex, type of birth, type of breeding, group contemporary and covariates of lamb's age and weight, to identify the fixed effects to be included in the final model. To evaluate the importance of the inclusion of maternal components in the definitive models, five linear models were considered and compared with each other using the likelihood ratio test. The most comprehensive model, which includes direct and maternal genetic effects, the permanent environment and the covariance between direct and maternal genetic effects (M5), presented maximum values for the logarithm of the function of likelihood in all the analyzed characteristics. The estimated direct heritability values for the PCN, PC50, and PC100 traits were 0.35, 0.37, and 0.18, respectively. Maternal genetic effects were important in all characteristics (PCN = 0.16, PC50 = 0.05 and PC100 = 0.03). The values of the effect of permanent environment in the PCN, PC50 and PC100 characteristics were 0.1, 0.20 and 0.15 respectively. The genetic correlation between direct and maternal genetic effects were negative and high magnitude for PCN and PC50 (-0.64 to -0.82) and positive and weak in PC100 (0.18). For the characteristics analyzed in this study, maternal effects, both genetic and permanent environment, are an important component of variation. Their exclusion of the models generates an overestimation of the total heritability, compromising the progress genetic.

INTRODUCCION

La primera introducción de ovinos a la Argentina data de mediados del siglo XVI. La misma se realizó con animales que provenían de Paraguay, Perú y Chile, que luego de ser criados en forma extensiva se dispersaron y adaptaron dando lugar a los ovinos criollos. A partir del siglo XIX se comienzan a importar animales de raza pura provenientes de España, Francia y Alemania que posteriormente dieron origen al Merino Argentino. El desarrollo de la industria frigorífica y otras mejoras tecnológicas prediales, fueron uno de los determinantes en las sucesivas introducciones de razas inglesas carniceras como Lincoln, Romney Marsh y Hampshire Down, entre otras. En 1931 comienza a introducirse Corriedale constituyéndose junto a Merino las dos razas más numerosas en la actualidad (Mueller, 2013). Según Ceballos y Villa (2017) la raza Texel fue introducida recién en el año 1977 por la cabaña María Luisa de Coronel Vidal, de la provincia de Buenos Aires desde donde, más tarde, fue distribuyéndose en Corrientes, Río Negro y Chubut, logrando buena aceptación por parte de los productores. En la actualidad existen 38 cabañas agrupadas en la Asociación de Productores de Texel en Argentina. Los animales de esta raza presentan excelente aptitud para la producción de carne, destacándose por poseer altas ganancias de peso, producción de canales magros, buenos índices de prolificidad y una fácil adaptación a distintos ambientes por su gran rusticidad (Gonzalez, 2017). Se desatacan valores altos de fertilidad por encima del 95% de preñez y prolificidad, con un 20 a 50% de gestación de partos múltiples (Ceballos *et. al.*, 2017). Además, su habilidad materna posibilita ganancias diarias de peso de los corderos de entre 350 g para partos simples y 250 g para partos dobles. En cuanto a la producción y calidad de la lana, se informan rendimientos de entre 3,5 y 4,5 kg en hembras y 5 en machos, con una finura entre 29 y 30 micras. Actualmente, la raza Texel es utilizada, junto a otras de tipo carnicero como Hampshire Down, Suffolk y Border Leicester, para cruzamientos terminales en los Valles irrigados de Río Negro y Chubut. En la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Valle Inferior del Río Negro del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), se desarrolló, en 1998, la raza sintética Comarqueña a partir del cruzamiento de Merino Australiano con Ille de France y Texel (Álvarez *et al.*, 2005). La evaluación de desempeño de este tipo de cruzamiento triple demostró superioridad en características como peso al destete y condición corporal de corderos, utilizando como testigo la raza Corriedale. En Chubut y puntualmente en la EEA INTA Esquel, se desarrollaron actividades de investigación utilizando la raza Texel para cruzamientos terminales sobre ovejas adultas cruce (Merino x Texel), con el fin de

incrementar los porcentajes de señalada y la calidad de la res, y además ampliar el período de oferta de carne a través de la producción de corderos en contraestación (Buratovich, et al. 2006). Iglesias *et al.* (2005) informan que a partir de la utilización de la raza en formación Frisona x Texel en cruzamiento terminal sobre ovejas Merino, aumentó el peso al nacimiento, la ganancia diaria, el peso a la señalada y la tasa de extracción para la faena con respecto a Merino puro. Esta información surge de una experiencia en el campo experimental Rio Mayo de INTA EEA Chubut, en sistemas extensivos predominantemente laneros donde los resultados obtenidos representan una alternativa interesante para complementar la actividad. En el campo Agroforestal Trevelin perteneciente a la EEA INTA Esquel, se introdujo la raza Texel, a fines de 1998, utilizando carneros Texel puros en un proceso de absorción sobre madres Merino con una posterior introducción de genética proveniente de Australia y Nueva Zelanda. Actualmente los animales son evaluados en diversas características y se trabaja en el mejoramiento de la raza a través de medidas objetivas de selección (Ceballos y Villa, 2017).

La selección de los reproductores para ser usados en un programa de mejoramiento genético, busca incrementar la descendencia de aquellos individuos con características deseables. Mueller (2001) manifiesta que, a través del proceso de selección y apareamiento de animales superiores, se van produciendo cambios genéticos pequeños pero acumulativos en la producción de sucesivas progenies. Uno de los procedimientos para seleccionar animales es a partir de observaciones visuales, que implica a simple vista, dar una idea general de la conformación y el balance corporal. Con este método se busca calificar condiciones relevantes del animal como ser aplomos, temperamento, tamaño, coloración y pigmentación, estado sanitario, etc. Este tipo de observaciones no suelen ser cuantificables, dependen del conocimiento, experiencia y percepción individual del observador, por lo cual se trata de un método subjetivo y con el cual se logra un progreso genético lento. Por otro lado, otra forma y más precisa en cuanto a brindar información del verdadero valor genético del animal, es a través del análisis de mediciones objetivas de sus propios registros productivos y el de sus parientes (Silva, 2014). Este método no depende de la subjetividad del observador, por lo que se trata de una información más segura y confiable de las características genéticas del animal. Es importante que esté acompañada de una observación visual previa, con el objetivo de eliminar animales que posean características no deseables o con problemas productivos.

Utilizando metodologías objetivas para la selección se aseguran mayores niveles de producción, eficiencia y ganancia económica y por ello, la tendencia

mundial es la incorporación de herramientas de selección cuantitativas (BLUP) y genómicas (GBLUP) para la evaluación y selección de animales carniceros, aunque actualmente sólo algunos criadores las utilizan (Van Eenennaam *et al.*, 2014). El método Best Linear Unbiased Prediction (BLUP) como herramienta de selección, permite estimar el mérito genético del animal con gran exactitud, a partir de información proveniente de sus registros y de la información de sus parientes (Gama, 2002).

Las características importantes a la hora de evaluar un animal productor de carne se pueden concentrar en dos grandes grupos: los que tienen que ver con la reproducción o fase materna (fertilidad, prolificidad, habilidad materna y producción de leche) y los que tienen que ver con la producción o fase de crecimiento (crecimiento del cordero, peso corporal y conformación).

De manera general, el potencial de crecimiento de los corderos se entiende a nivel internacional como uno de los caracteres de mayor importancia económica en la producción ovina (Kushwaha *et al.*, 2009). Entre ellos se destaca el peso corporal a edades tempranas del animal.

El peso corporal al nacimiento, el cual es el primer registro que se obtiene de un animal para comenzar su vida productiva, está asociado a pesos posteriores, y es de gran importancia como base para la selección, con el objeto de alcanzar pesos al sacrificio en un periodo más corto (Ossa *et al.*, 2005). Esta característica es el resultado del crecimiento durante la gestación, y su variación está determinada por los factores que influyeron sobre la madre en ese período. En el ganado ovino el peso al nacimiento está fuertemente influenciado por el tipo de parto, es decir si son partos simples o de múltiples crías. Desde el punto de vista productivo, un peso corporal al nacimiento intermedio es más adecuado, ya que pesos muy bajos se asocian con incrementos en la mortalidad predestete de los corderos. Por el contrario, corderos muy grandes y pesados pueden provocar partos prolongados y/o distócicos que generan pérdida de vigor luego de su nacimiento. El sexo del cordero, el tipo de parto, edad y estado nutricional de la madre y la época de nacimiento afectan el peso al nacimiento (Ambrossi Graso *et al.*, 2013; Hinojosa-Cuellar *et al.*, 2012). Los machos generalmente son en promedio más pesados que las hembras, mientras que típicamente borregas maduras tienen corderos más pesados que las jóvenes o que las más viejas. Corderos nacidos en parto sencillo son normalmente más pesados que aquellos nacidos en partos múltiples. El año y la estación de nacimiento también tienen una influencia importante en el peso al nacimiento y sus efectos generalmente

son considerados en la definición de los grupos contemporáneos (Hinojosa-Cuellar *et al.*, 2012). Otra característica relevante considerada en la producción de carne es el crecimiento predestete, y tiene especial importancia debido a que constituye un indicador de la eficiencia económica de las explotaciones, ya que en algunos sistemas la venta de animales se realiza al destete. Este período comprendido entre el nacimiento y el destete, puede ajustarse, en ovinos para carne, a 75 días, aunque el destete puede realizarse entre los 55 y 95 días, aproximadamente (Utrera, 2010). Este peso al destete es una de las primeras mediciones que se pueden hacer del potencial productivo de los ovinos para carne y de las cualidades de la madre. El año y la estación son efectos ambientales que definen la disponibilidad y calidad del alimento, así como los posibles efectos de estrés por los niveles de temperatura, humedad y precipitación, entre otros. La calidad y disponibilidad del alimento afectan el crecimiento predestete en dos aspectos fundamentales, en el consumo y la ganancia de peso del cordero; y en la capacidad para producir leche por parte de su madre.

González-Mariscal, G., & Poindron, P. (2002) define a la habilidad materna como el proceso que resulta de la combinación de factores neuronales, humorales y sensoriales, cuyo fin lleva al individuo a nutrir y cuidar a su progenie mediante la expresión de diversos patrones conductuales dirigidos a incrementar la viabilidad de la cría.

Caracteres, como los pesos corporales en edades tempranas, están fuertemente influenciados por la habilidad maternal para la cría (Mandal *et al.*, 2009; Prince *et al.*, 2010; Falconer, 1981). Las madres tienen una doble responsabilidad en el fenotipo observado. Por una parte, la mitad de los genes del hijo proceden de su madre, y, por otra parte, la madre proporciona parte del ambiente, que va a determinar el fenotipo del individuo, mediante el cuidado y la alimentación temprana con base en la leche. Así, si una madre con mayor producción de leche, el peso al destete de sus hijos será mayor que si sus volúmenes de producción lechera fuesen inferiores. Por lo tanto el desempeño de un individuo en cuanto a características de crecimiento estará afectado por el valor de sus propios genes para el crecimiento (*efectos directos*) aportados por la mitad del valor genético aditivo del padre y la mitad del valor genético aditivo de la madre, y por la cantidad y la calidad de la leche que le proporciona la madre y por la crianza o habilidad materna de la misma, la cual está determinada tanto por sus genes así como por el ambiente (*efectos maternos genéticos y de ambiente permanente*) (Willham, 1972).

Según HoHENBOKEN (1985), citado por Quintanilla y Piedrafita (2000), el efecto materno puede definirse como cualquier contribución, influencia o impacto sobre el fenotipo de un individuo atribuible directamente al fenotipo de su madre, excluyendo los efectos mendelianos debidos a los genes transmitidos por la madre al individuo, que forman parte del efecto directo. De este modo, el efecto materno está determinado por la expresión fenotípica en las madres de su capacidad materna, pero es un efecto estrictamente ambiental en relación a la descendencia, constituyendo tan solo un componente del valor fenotípico de ésta (WILLHAM, 1972).

Estos efectos maternos son relevantes a edades tempranas del cordero y en general, tras el destete, estos efectos van disminuyendo su importancia. Según el Lambplan de Australia (The Breeders Guide, 2004) estos representan aproximadamente el 50% del componente genético del peso al destete, aproximadamente el 25% del peso post-destete, y sólo alrededor del 5-10% en corderos en 10-12 meses de edad. Puntas Tejero (2011) afirma que para la raza Segureño, los efectos maternos de ambiente permanente disminuyen hasta volverse imperceptibles, a medida que el cordero se independiza de la madre. Estudios realizados sobre la raza ovina Junín, remarcan la importancia de los efectos genéticos maternos en la expresión de características de crecimiento de los corderos hasta el destete (Valerio *et al.*, 2015).

La estimación de parámetros genéticos como la heredabilidad y las correlaciones genéticas son claves para describir y caracterizar una población y dependen de la composición génica de la misma, así como del ambiente. Son de fundamental importancia en programas de mejoramiento genético puesto que, en la selección de individuos por varios caracteres, y en especial al construir índices de selección, permiten decidir que caracteres incluir en el mismo y que peso relativo se le dará a cada uno (Falconer, 1981; Cardelino y Rovira, 1987). Tamioso *et al.* (2014) resaltan la importancia de la inclusión de efectos genéticos maternos y de ambiente permanente materno, en modelos para la estimación de parámetros genéticos para características de crecimiento en corderos de la raza Suffolk. Así mismo para ovinos Iranian Baluchi se recomienda la inclusión de los efectos maternos para dichas determinaciones, principalmente para características de crecimiento medidas a edad temprana (Abbasi *et al.*, 2012).

Näsholm y Danell (1996) observaron que cuando los efectos genéticos maternos son importantes y no se tienen en cuenta en la estimación de los parámetros genéticos para caracteres de crecimiento de los corderos, los mismos se obtienen con

una clara sobreestimación, y con ello se compromete la respuesta genética a la selección. Quintero *et al.* (2007) indican que la no inclusión de los efectos genéticos maternos y de ambiente permanente puede sobrestimar el componente del efecto genético directo y por consiguiente los parámetros genéticos y el valor de cría de los animales para la característica de peso al destete.

En la Argentina, existe el Servicio Nacional de Evaluación Genética, denominado PROVINO, a cargo de investigadores del INTA, que nuclea la información de las actividades de mejoramiento genético de diversos sistemas productivos de rumiantes menores del país. Con esta herramienta es posible conocer el mérito genético de los animales que cuenten con registros productivos de las características de interés. El mérito genético es expresado como un desvío esperado en la progenie o DEP, que en otras palabras es el valor que se espera ver expresado en el promedio de la progenie del animal cuando es apareado con madres al azar. Se pueden comparar animales contemporáneos, sin información genealógica, obteniendo estimaciones de mérito genético con precisiones de hasta 60% (PROVINO Básico). Por otro lado, PROVINO también permite comparaciones de animales no necesariamente contemporáneos, pero sí vinculados genéticamente. Para ello se requiere conocer la genealogía de animales a evaluar (PROVINO Avanzado). Con este tipo de servicio es posible obtener estimaciones del mérito genético más altas que la anterior, llegando hasta un 83% de precisión (Giovannini, 2010). Este servicio es una herramienta de selección que busca identificar animales genéticamente superiores, para luego reproducirlos e ir mejorando la calidad genética de los planteles con el fin de aumentar su productividad, tanto de fibra como de carne. PROVINO es usado en la actualidad, principalmente por criadores de raza Merino y Corriedale, aunque también varios productores de razas no laneras adoptaron esta herramienta. Algunos criadores de Hampshire Down, Texel, Ideal, Pampinta y Comarqueña, entre otros, llevan adelante un seguimiento de registros productivos, según protocolos de registro de datos, (tabla 1) que apunta al mejoramiento genético de la habilidad materna y capacidad de crecimiento de los corderos (Giovannini, 2010; Giovannini *et al.*, 2015).

Tabla 1: Principales características evaluadas en razas especializadas y doble propósito.

Características	RAZA					
	Texel	Hampshire	Comarqueña	Pampinta	Dohne	Corriedale
PCN	x	x	x	x	x	X
PCD	x	x	x	x	x	X
PCPD	x	x	x		x	
PCE					x	X
PCA	x	x	x		x	X
NCD	x		x	x		X
CE	x			x		X
POB	x		x		x	X
EGD	x		x		x	X

PCN: peso corporal al nacimiento, PCD: peso al destete, PCPD: peso post destete, PCE: Peso a la esquila, PCA: peso adulto, NCD: número de corderos destetados, CE: circunferencia escrotal, POB: profundidad de ojo de bife, EGD: espesor de grasa dorsal.

FUNDAMENTACION

PROVINO, en sus procedimientos para la evaluación genética para la raza Texel no incluye en sus modelos de predicción de valores de cría, los efectos maternos para las características de crecimiento hasta el destete (Giovannini, 2016, *comunicación personal*). Bajo la hipótesis de existencia de efectos maternos que influyen en la expresión de caracteres de crecimiento hasta el destete, se pretende estimar los componentes maternos de los mismos y evaluar su magnitud para incorporarlos a los modelos que utiliza el servicio PROVINO. Este estudio generaría una nueva herramienta para mejorar la predicción de los valores de cría, generando un mayor impacto económico en los establecimientos ganaderos que utilizan éste instrumento en la selección de reproductores.

HIPOTESIS

Existen efectos maternos que influyen sobre las características de crecimiento temprano en ovinos Texel.

OBJETIVO PRINCIPAL

Estimar los efectos genéticos directos, maternos y ambientales para caracteres de crecimiento hasta el destete en ovinos de la raza Texel.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Estimar efectos genéticos directos, genéticos maternos y de ambiente permanente materno para peso al nacimiento en ovinos de raza Texel.
- Estimar efectos genéticos directos, genéticos maternos y de ambiente permanente materno para peso a los 50 días de edad en ovinos de raza Texel.
- Estimar efectos genéticos directos, genéticos maternos y de ambiente permanente materno para peso a los 100 días de edad en ovinos de raza Texel.

MATERIALES Y METODOS

Base de Datos

La información utilizada proviene del Servicio Nacional de Evaluación Genética PROVINO para la raza ovina Texel, a cargo del equipo de investigación de INTA EEA Bariloche. Dichos registros corresponden a planteles de las Estaciones Experimentales del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Esquel, Balcarce, Valle Inferior del Río Negro y de cuatro establecimientos privados. La base de datos fue obtenida a partir del seguimiento de los planteles durante el período 2000-2017.

Las características evaluadas se muestran en la tabla 2. El PCN fue registrado dentro de las primeras 24 horas después del nacimiento del cordero; en aquellos animales donde no fue posible tomar el peso al nacimiento, pero si contaban con las demás pesadas, se utilizó el peso al nacimiento promedio de la raza para realizar los ajustes. La siguiente pesada se realizó aproximadamente a los cincuenta días del pico de parición (PC50) y coincidió con la señalada, ocasión donde se coloca la marca a los animales nacidos durante el año. Por último, el PC100 corresponde al registro de la pesada al destete de los animales el cual se realizó aproximadamente a los cien días del pico de la parición.

Tabla 2: Características analizadas

Nombre	Símbolo	Unidad de medida
<i>Peso corporal al nacimiento</i>	PCN	Kilogramos
<i>Peso corporal a los 50 días</i>	PC50	Kilogramos
<i>Peso corporal a los 100 días</i>	PC100	Kilogramos

La metodología para la obtención de datos a campo también contempló el control de servicios y partos con registro de fecha, tipo de parto, sexo y edad de la madre al parto. Durante la señalada se registró el tipo de crianza que a diferencia del tipo de parto especifica si algún cordero/a nacido por parto doble se crio como simple, por deceso o refugo de su hermano/a.

Se editó la base de datos excluyendo: a) Registros de animales sin ningún dato de peso; b) Registros de pesos que se encontraban fuera de rango normal,

considerando *outliers* aquellos datos que superaban los tres desvíos estándar por encima o por debajo del promedio de la característica analizada, y c) asimismo, para la edad de los corderos tanto para los 50 como para los 100 días, se procedió a eliminar aquellos registros con tres desvíos estándar de la edad mediana.

Los parámetros genéticos para las características de crecimiento analizadas, se estimaron utilizando un total de 6333 animales presentes en la matriz de parentesco estructurada como lo muestra la tabla 3.

Tabla 3. Resumen de la información genealógica.

Descripción	
N° de animales en total	6333
N° de animales sin progenie	4288
N° de animales con progenie	2045
N° de padres	129
N° de animales con padre conocido	3910
N° de madres	1916
N° de animales con madre conocida	5477

Análisis estadísticos

Se realizaron análisis de varianza preliminares para PCN, PC50 y PC100 con modelos mixtos utilizando el software INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2011) para identificar los efectos fijos y covariables significativas ($p < 0,01$) a incluir en los modelos de análisis posteriores. Previo al análisis, se creó una variable denominada grupo contemporáneo resultante de la combinatoria de los niveles de las variables “establecimiento”, “mes de nacimiento” y “año de nacimiento”. La variable edad de la madre al parto se agrupó en tres categorías. Los partos y tipos de crianza doble o triple se incluyeron en un mismo nivel como partos y tipos de crianza múltiple en el análisis de los datos (Tabla 4).

Tabla 4: Fuentes de variación consideradas en el análisis de la varianza para las características PCN, PC50 y PC100.

Nombre	Símbolo	Categorías	Descripción
Sexo	SX	H	Hembra
		M	Macho
Edad de la madre	EM	1	Hembras de 2 años o menos
		2	Hembras entre 3 a 5 años
		3	Hembras de 6 años a mas
Tipo de parto	TP	1	Parto simple
		2	Parto múltiple
Tipo de crianza	TC	1	Crianza simple
		2	Crianza de 2 corderos o mas
Grupo contemporáneo	GC	129	Datos agrupados de Establecimiento ¹ *Año de nacimiento ² *mes de nacimiento ³

¹ 7 Establecimientos; ² 2000-2017; ³ C1:Enero hasta Agosto, C2:Septiembre, C3: Octubre, C4:Noviembre a Diciembre.

Para PCN se consideraron como efectos fijos el sexo, la edad de la madre al parto, tipo de parto y grupo contemporáneo. Para la característica PC50 los efectos fijos considerados fueron el sexo, la edad de la madre al parto, el grupo contemporáneo, el tipo de crianza y dos covariables, la edad a los 50 días y el PCN. Por último, en la característica PC100 los efectos fijos analizados fueron el sexo, la edad de la madre al parto, el grupo contemporáneo y el tipo de crianza, y se incluyeron como covariables la edad a los 100 días y el PC50.

Una vez identificados los efectos fijos significativos, se procedió a estimar los componentes de varianza para los efectos aleatorios directos y maternos, y los componentes de (co)varianza entre estos efectos para las características PCN, PC50 y PC100, por métodos REML y ajustando un modelo animal (Mrode, 2005). El software utilizado para el análisis fue WOMBAT (Meyer, 2006).

Se consideró la convergencia de los métodos REML cuando los valores de la variancia de la función (-2log likelihood) fueron menores a 10^{-6} . Si los valores de verosimilitud cambian sustancialmente durante los análisis, se reiniciarán las iteraciones utilizando las estimaciones finales de los parámetros del análisis anterior como valores iniciales (Meyer, 2006). Los errores estándar se calcularon automáticamente.

Para evaluar la importancia de la inclusión de los componentes maternos en los modelos definitivos, se consideraron cinco modelos lineales unicarácter, según se detalla más abajo, y se los comparó utilizando la prueba de Razón de Máxima

Verosimilitud (LRT). Las pruebas de razón de verosimilitud comparan dos modelos, siempre que el modelo más simple sea un caso especial del modelo más complejo, es decir, anidado. La LRT se puede presentar como una diferencia en loglikelihoods (log L):

$$LRT_{ij} = 2\log L_i - 2\log L_j$$

donde L_i = likelihood para el modelo completo i ; y L_j = likelihood para el modelo reducido j . El estimador de la LRT se comparó con el valor del chi-cuadrado de tablas (χ^2_{tab}), con grados de libertad igual a la diferencia entre el número de parámetros de uno y otro modelo, y nivel de significancia del 0,01%. Si la LRT resulta significativa, el modelo correcto es el más completo, en caso contrario el modelo reducido es el adecuado. La hipótesis de la nulidad probada fue que las funciones de los modelos completos y reducidos no diferían entre ellos.

Modelos lineales unicarácter

M1: $Y = X\beta + Z_1 a + e$

M2: $Y = X\beta + Z_1 a + Z_2 m + e$ Con $cov_{(a,m)}=0$

M3: $Y = X\beta + Z_1 a + Z_2 m + e$ Con $cov_{(a,m)}=A\sigma_{am}$

M4: $Y = X\beta + Z_1 a + Z_2 m + Z_3 c + e$ Con $cov_{(a,m)}=0$

M5: $Y = X\beta + Z_1 a + Z_2 m + Z_3 c + e$ Con $cov_{(a,m)}=A\sigma_{am}$

Donde,

y es un vector observaciones de dimensión $n \times 1$ para cada característica;

β es el vector de los efectos fijos, (que resultaron de los análisis de la varianza previos);

X es la matriz de diseño que relaciona los efectos fijos a y ;

a es el vector de efectos genéticos aditivos directos;

m es el vector de efectos genéticos aditivos maternos;

c es el vector de efectos de ambiente permanente materno;

Z_1, Z_2 y Z_3 son las matrices de incidencia que relacionan estos efectos a y ;

e es el vector de efectos residuales;

A es la matriz de relaciones genéticas; y

σ_{am} es la covarianza entre los efectos genéticos aditivos directos y maternos.

La estructura de las (co)variancias para el modelado fueron:

$$V(a) = A\sigma_a^2; \quad V(m) = A\sigma_m^2; \quad V(c) = I\sigma_c^2;$$
$$V(e) = I\sigma_e^2, \quad \text{y} \quad \text{cov}(a,m) = A\sigma_{am}$$

Donde **I** es la matriz de identidad y σ_a^2 , σ_m^2 , σ_c^2 y σ_e^2 son las variancias aditivas directas, aditivas maternas, de ambiente permanente y del error, respectivamente.

Las estimaciones de heredabilidad directa (h^2), materna (m^2) y de ambiente permanente (c^2) fueron calculadas como el cociente entre las variancias de efectos aditivos directos (σ_a^2), de efectos aditivos maternos (σ_m^2) y de efectos de ambiente permanente materno (σ_c^2) con la variancia fenotípica (σ_p^2), respectivamente.

La correlación directa-materna (r_{am}) se calculó como el cociente entre las estimaciones de covariancia directa materna (σ_{am}) y el producto de la raíz cuadrada de σ_a^2 y σ_m^2 .

Se calculó la heredabilidad total (Willham, 1972) para estimar la respuesta esperada a la selección fenotípica utilizando la siguiente fórmula:

$$h_t^2 = \frac{\sigma_a^2 + 0.5\sigma_m^2 + 1.5\sigma_{am}}{\sigma_p^2}$$

RESULTADOS

El número de observaciones y estadísticas descriptivas para cada característica analizada se presenta en la tabla 5.

Tabla 5: Estadísticas descriptivas para las características PCN, PC50 y PC100.

	PCN	PC50	PC100
Nº de observaciones	5098	4503	3767
Media	4,11	16,25	24,36
Desvío Estándar	1,05	3,96	5,27
Mínimo	1	7	10,8
Máximo	7,5	30	46,5
CV	25,48	24,37	21,63

Peso Corporal al Nacimiento (PCN)

Se realizó un análisis de varianza preliminar para determinar los efectos fijos a incluir en los modelos de análisis posteriores. En la tabla 6 se describe el resultado para PCN, incluyendo tipo de parto, sexo, grupo contemporáneo y edad de la madre como efectos fijos y siendo en todos los casos significativos ($p < 0,01$). El coeficiente de determinación (R^2) indica que los efectos fijos considerados explican el 38% de la variación de la característica PCN. Si bien es un valor medio se debe considerar que el PCN es una característica que suele estar afectada por múltiples factores ambientales y es sensible al momento de muestreo.

Tabla 6: Efectos fijos para el modelado de PCN.

Efectos fijos	gl	F	p
TP	1	574,63	<0,0001
SX	1	92,60	<0,0001
GC	107	10,38	<0,0001
EM	2	105,32	<0,0001

TP: tipo de parto; SX: sexo; GC: grupo contemporáneo; EM: edad de la madre.

Los componentes de la variancia y parámetros genéticos estimados para la característica PCN a través de los cinco modelos en estudio, se presentan en la tabla 7. Los modelos que incluyen los efectos maternos, tanto genéticos como de ambiente permanente (M2, M3, M4 y M5), presentan mejores valores de logaritmo de la función de la verosimilitud, comparado con el modelo 1 que sólo considera los efectos genéticos directos. La variancia ambiental presentó una disminución con la incorporación de efectos maternos en los modelos, siendo mínima en M5 (0,41). Las estimaciones de la heredabilidad directa variaron desde 0,17 a 0,35 en los diferentes modelos, siendo de

Tabla 7: Componentes de la variancia, parámetros genéticos y logaritmo de la función de la máxima verosimilitud para los cinco modelos (M1-M5) considerados en la característica peso corporal al nacimiento (PCN).

	M1	M2	M3	M4	M5
σ^2_a	0.24	0,13	0,27	0,14	0,27
σ^2_m		0,12	0,22	0,04	0,13
σ_{am}			-0,14		-0,12
σ^2_c				0,07	0,07
σ^2_e	0.52	0,52	0,43	0,49	0,41
σ^2_p	0.76	0,76	0,77	0,75	0,76
h^2	0.32	0,17	0,35	0,19	0,35
m^2	–	0,15	0,28	0,06	0,16
r_{am}	–	–	-0,59	–	-0,64
c^2	–	–	–	0,1	0,1
h^2_t	0,32	0,25	0,22	0,21	0,20
log L	-1774,67	-1729,14	-1718,78	-1718,33	-1709,96

σ^2_a : Variancia genética aditiva; σ^2_m : variancia genética materna; σ_{am} : covariancia entre efectos genéticos directos y maternos; σ^2_c : variancia de ambiente permanente; σ^2_e : variancia residual o ambiental; σ^2_p : variancia fenotípica; h^2 : heredabilidad directa; m^2 : heredabilidad materna; r_{am} : correlación entre efectos genéticos directos y maternos; c^2 : variancia fenotípica explicada por los efectos de ambiente permanente; h^2_t : heredabilidad total; **log L**: log likelihood

baja a moderada. Los efectos genéticos maternos presentaron valores muy variables dependiendo el modelo utilizado, ubicándose en el rango de 0,06 a 0,28. En el modelo 3, se observa una heredabilidad materna relativamente elevada (0,28) comparada al

modelo 5 cuya única diferencia es la incorporación de los efectos de ambiente permanente. La correlación genética entre los efectos genéticos directos y maternos, fueron similares para los modelos 3 y 5 (-0,59 y -0,64, respectivamente), las cuales evidenciaron una asociación fuerte y negativa. La heredabilidad total para la característica de PCN varió entre los valores de 0,32 a 0,2, siendo mayor para el modelo que no incluye los efectos maternos.

Los resultados obtenidos de la comparación de modelos por medio de la prueba de Razón de Máxima Verosimilitud, se muestran en la tabla 8. La comparación se realizó entre el modelo más simple (M1) con M2. Dicha comparación fue significativa por lo que se procedió a cotejar M2 con M3. A partir de allí como la probabilidad fue menor a 0,01 se lo comparó con M5 puesto que ambos contienen la covariancia entre los efectos genéticos directos y maternos y sólo difieren en el componente de ambiente permanente materno. Cabe aclarar que no se realiza la comparación entre M3 y M4 puesto que el último mencionado asume la covariancia entre los efectos genéticos directos y maternos como cero. El modelo adecuado para analizar la característica PCN fue M5, que incluye todos los efectos analizados, tanto genéticos directos como maternos y de ambiente permanente y la covariancia entre los efectos directos y maternos.

Tabla 8: Prueba de la razón de la verosimilitud para la característica PCN.

<i>Comparación</i>	<i>Estimador</i>	<i>Probabilidad</i>
M1-M2 **	91,06	1,39381E-21
M2-M3 **	20,72	5,31579E-06
M3-M5 **	17,64	2,66915E-05

** significativo (p<0,01)

Peso Corporal a los 50 días (PC50)

Del mismo modo que para PCN, se determinaron los efectos fijos y covariable a considerar en los modelos definitivos a través de análisis de varianza preliminares. En la tabla 9 se muestra el resultado del análisis de varianza para la característica PC50. Para ello se consideraron como efectos fijos sexo, grupo contemporáneo, edad de la madre y tipo de crianza demostrando todos ser significativos para explicar esta característica ($p < 0,01$). Además, se consideró como covariable la Edad al registro de

PC50 (F50), siendo también significativos ($p < 0,01$). El coeficiente de determinación (R^2) indica que los efectos fijos considerados explican el 64 % de la variación de la característica PC50.

Tabla 9: Efectos fijos considerados para el modelado de PC50.

Efectos fijos	gl	F	p
SX	1	42,34	<0,0001
GC	88	21,20	<0,0001
EM	2	87,77	<0,0001
TC	1	1028,60	<0,0001
Covariable			
F50	1	1042,09	<0,0001

SX: sexo; **GC:** grupo contemporáneo; **EM:** edad de la madre; **TC:** tipo de crianza; **F50:** edad al registro de PC50

Los componentes de la varianza y los parámetros genéticos obtenidos para cada modelo de la característica PC50 se muestran en la tabla 10. La inclusión de los efectos maternos en los modelos (M2, M3, M4 y M5) mejoran los valores del logaritmo de la función de la verosimilitud. La varianza genética aditiva varía entre valores de 1,93 y 3,15, siendo mínima en los modelos que incluyen algún efecto materno y sin estimar las covarianzas (M2 y M4). La heredabilidad directa se estimó entre 0,22 y 0,37 siendo moderadas a altas. Los máximos valores se encuentran en M3 (0,35) y M5 (0,37) los cuales contemplan las covarianzas entre los efectos directos y maternos. Las correlaciones obtenidas en ésta característica siguen el mismo patrón que la característica PCN, siendo negativas y fuertes. La heredabilidad total es mayor en M1 (0,35) que no considera ningún efecto materno. Para los modelos restantes, la inclusión de estos efectos contribuye a disminuir los valores de éste parámetro.

Tabla 10: Componentes de la variancia, parámetros genéticos y logaritmo de la función de la máxima verosimilitud para los cinco modelos (M1-M5) considerados en la característica Peso corporal a los 50 días.

	M1	M2	M3	M4	M5
σ^2_a	2,97	1,93	3,08	2,06	3,15
σ^2_m		1,65	2,44	0,81	0,39
σ_{am}			-1,19		-0,88
σ^2_{ep}				1,58	1,76
σ^2_e	5,51	5,08	4,38	4,72	4,07
σ^2_p	8,48	8,63	8,71	8,45	8,49
h^2	0,35	0,22	0,35	0,24	0,37
m^2	–	0,19	0,28	0,09	0,05
r_{am}	–	–	-0,43	–	-0,8
c^2	–	–	–	0,18	0,2
h^2_t	0,35	0,32	0,29	0,29	0,27
log L	-6.931.384	-6.885.124	-6.878.258	-6.855.163	-6.848.276

σ^2_a : Variancia genética aditiva; σ^2_m : variancia genética materna; σ_{am} : covariancia entre efectos genéticos directos y maternos; σ^2_c : variancia de ambiente permanente; σ^2_e : variancia residual o ambiental; σ^2_p : variancia fenotípica; h^2 : heredabilidad directa; m^2 : heredabilidad materna; r_{am} : correlación entre efectos genéticos directos y maternos; c^2 : variancia fenotípica explicada por los efectos de ambiente permanente; h^2_t : heredabilidad total; **log L**: loglikelihood.

Los resultados obtenidos de la comparación de modelos por medio de la prueba LRT para la característica PC50 se muestran en la tabla 11. El procedimiento para determinar el modelo más adecuado para analizar esta característica, fue el mismo que se utilizó para la PCN. Se determinó que M5 es el más apropiado y corresponde al de mayor cantidad de parámetros, incluyendo efectos genéticos directos, genéticos maternos, de ambiente permanente y la covariancia entre los genéticos directos y maternos.

Tabla 11: Prueba de la razón de la verosimilitud para la característica PC50.

<i>Comparación</i>	<i>Estimador</i>	<i>Resultado</i>
M1-M2 **	91,06	1,3938E-21
M2-M3 **	20,72	5,3158E-06
M3-M5 **	17,64	2,6691E-05

** significativo ($p < 0,01$)

Peso Corporal a los 100 días (PC100)

Para la característica PC100 se consideraron como efectos fijos sexo, grupo contemporáneo, edad de la madre y tipo de crianza, resultando todos ellos significativos ($p < 0,01$), al igual que la covariable analizada, Edad al PC100 (F100), la cual también fue incorporada al modelo. (Tabla 12) El Coeficiente de determinación obtenido fue alto lo que da cuenta de que los efectos fijos y las covariables contempladas en el análisis logran explicar un 80% la variación de la característica PC100. Tabla 12

Tabla 12: Efectos fijos considerados para el modelado de PC100.

Efectos fijos	gl	F	P
SX	1	19,06	<0,0001
GC	80	35,39	<0,0001
EM	2	8,06	0,0003
TC	1	49,63	<0,0001
Covariables			
F100	1	187,72	<0,0001

SX: sexo; **GC:** grupo contemporáneo; **EM:** edad de la madre; **TC:** tipo de crianza; **PC50:** peso corporal a los 50 días; **F100:** edad al registro de PC100.

En la tabla 13 se muestran los componentes de la varianza y parámetros genéticos para la característica peso corporal a los 100 días. El logaritmo de la función de la máxima verosimilitud fue menor en el modelo que incluye los efectos genéticos directos, maternos y de ambiente permanente y la covariancia entre los efectos directos y maternos (M5). La variancia genética aditiva presentó un valor destacado para el M5 (3,11) y por el contrario la variancia residual una disminución notable con respecto a los otros modelos. Para la heredabilidad directa se obtuvieron valores muy variables que van desde los 0,15 a 0,34 ubicando el máximo en M1 que solo considera

los efectos directos. La heredabilidad materna estimada varió de baja a moderada dependiendo el modelo de análisis. En M3 se observa que el efecto materno explica el 20% de la variancia fenotípica, sin embargo, al incorporar el ambiente permanente en el modelo (M5) este valor disminuye notablemente (3%). La correlación genética entre los efectos directos y maternos cambió la tendencia con respecto al PN y PC50, y resultó positiva y débil (0,03). la correlación entre los efectos directos y maternos es levemente mayor que en M3 (0.18). La heredabilidad total se situó dentro del rango de 0,22 y 0,35 para todos los modelos, siendo menores en los modelos en los que se incluyeron los efectos maternos.

Tabla 13: Componentes de la variancia, parámetros genéticos y logaritmo de la función de la máxima verosimilitud para los cinco modelos (M1-M5) considerados en la característica Peso corporal a los 100 días.

	M1	M2	M3	M4	M5
σ^2_a	5,94	2,78	2,73	3,3	3,11
σ^2_m		3,44	3,37	0,8	0,63
σ_{am}			0,09		0,26
σ^2_{ep}				2,56	2,56
σ^2_e	11,19	10,94	10,97	10,21	10,31
σ^2_p	17,14	17,17	17,17	16,88	16,89
h^2	0,34	0,16	0,15	0,19	0,18
m^2	–	0,2	0,19	0,05	0,03
r_{am}	–	-	0,03	-	0,18
c^2	–	–	-	0,15	0,15
h^2_t	0,35	0,26	0,26	0,22	0,23
log L	-7.082.339	-7.042.761	-7.042.744	-7.031.527	-7.031.354

σ^2_a : Variancia genética aditiva; σ^2_m : variancia genética materna; σ_{am} : covariancia entre efectos genéticos directos y maternos; σ^2_c : variancia de ambiente permanente; σ^2_e : variancia residual o ambiental; σ^2_p : variancia fenotípica; h^2 : heredabilidad directa; m^2 : heredabilidad materna; r_{am} : correlación entre efectos genéticos directos y maternos; c^2 : variancia fenotípica explicada por los efectos de ambiente permanente; h^2_t : heredabilidad total; **log L**: loglikelihood..

En la tabla 14 se muestran los resultados obtenidos de la comparación de modelos por medio de la prueba de LRT para la característica PC100. Las comparaciones se realizaron entre M1, M2, M3 y M5. El procedimiento se realizó

comparando el modelo más simple con M2 y dado al resultado significativo de la misma se compararon posteriormente M2 y M3 y por ultimo M3 y M5. Al ser significativa esta última, se determina que el modelo más adecuado para analizar esta característica es M5. El mismo incluye efectos genéticos directos y maternos y la covariancia entre ellos, además de los efectos de ambiente permanente.

Tabla 14: Prueba de la razón de la Verosimilitud para la característica PC100.

<i>Comparación</i>	<i>Estimador</i>	<i>Probabilidad</i>
M1-M2 **	17,3	31919E-05
M2-M3 **	17,3	31919E-05,
M3-M5 **	49,24	2,2648E-12

** Significativo $p < 0,01$

A modo de resumen se destaca que, para todas las características analizadas, PCN, PC50 y PC100, el modelo de análisis más apropiado resultó ser M5, estimándose con ellos heredabilidades de 0,2 y 0,27 y 0.23 respectivamente. Además, para todas las características, se incluyen en los modelos las covariancias entre los efectos genéticos directos y maternos, las cuales resultaron ser de elevada magnitud y de carácter negativo en PCN y PC50, y débil y positiva en PC100.

DISCUSIÓN

Análisis de Varianzas preliminares

Los efectos fijos incluidos en los modelos de análisis para cada característica se definieron a partir de un análisis de la variancia preliminar. Los efectos considerados para cada una de las características demostraron significancia a la hora de explicar la variación de las mismas.

El GC resultó significativo ($p < 0,01$) para todas las características analizadas, atribuyendo su importancia a las diferencias que se presentan en el manejo de la cantidad y calidad del forraje, el manejo de los animales y las condiciones climáticas como, precipitaciones y temperatura, que afectan la disponibilidad y calidad del forraje.

El efecto EM fue significativo ($p < 0,01$) para las características PCN, PC50 y PC100. Cuéllar-Gamboa *et al.* (2015) mencionan que la hembra aumenta la prolificidad con el aumento de partos, llegando un pico a los 7 años aproximadamente y a partir del cual declina. León *et al.* (2005) en la raza Segureña, mostró un incremento sostenido de la prolificidad hasta el 6º parto donde se alcanza la prolificidad máxima, para descender a partir del 7º-8º parto. Por otro lado, ovejas primíparas no alcanzan su pico de madurez fisiológica y continúa en crecimiento compitiendo con la gestación, generando disminuciones en los procesos reproductivos y afectando el peso del cordero (Herrera *et al.* 2008). Asimismo, el incremento del número de partos en ovejas afecta positivamente la producción de leche, mejorando la habilidad maternal (Salgado *et al.* 2014).

El sexo resultó ser también significativo como fuente de variación para todas las características ($p < 0,01$). En todas las características analizadas los machos fueron significativamente más pesados que las hembras al igual que reporta Mousa *et al.* (1999). Castellano *et al.* (2016) menciona el sexo como fuente de variación en el crecimiento de corderos de razas Suffolk, Merino Precoz y mestizos Suffolk x Merino Precoz, cuyos valores expresan superioridad de machos sobre hembras de 3,9 % y 7 % en pesos al nacimiento y peso a los 90 días, respectivamente. La explicación del comportamiento de este efecto, Macedo *et al.* (2008) la atribuyen a la diferencia entre el peso de los cotiledones placentarios entre machos y hembras, superior en los primeros, lo que supondría un mayor paso de nutrientes al feto.

El tipo de parto fue considerado significativo para la característica PCN ($p < 0,01$) cuya explicación puede atribuirse al limitado espacio uterino durante la gestación para el caso de los partos múltiples, y la nutrición de los corderos principalmente durante la última etapa de la misma (Macedo, *et al.* 2008). Lopez *et al.* (2012) encontró en la raza criolla de Chiapas que crías de parto simple eran 41,53% más pesadas al nacimiento que las de parto múltiple. Hinajosa-Cuellar *et al.* (2012) también reportan diferencias significativas en el peso al nacimiento de corderos Pelibuey, asociadas al tipo de parto. Igualmente, Forero *et al.* (2017) obtuvieron diferencias significativamente inferiores en peso al nacimiento y peso a los 45 días, de corderos provenientes de parto doble que el de los de parto simple, para razas Merinos y cruzados con Merino Precoz e Ile de France.

En el caso de TC fue incorporado a PC50 y PC100 siendo significativo en ambos casos ($p < 0,01$). Esta incorporación al modelo corresponde con lo reportado por Sousa *et al.* (1999). Su importancia puede atribuirse a la competencia de los corderos por el consumo de la leche producida por la madre y a la habilidad materna de la misma para la crianza. Así mismo, este efecto contempla el caso de corderos nacidos de partos múltiples, que por deceso de uno de ellos se cría como cordero simple.

Modelos de Análisis Definitivos para PN, PC50 y PC100

Las pruebas de la razón de la verosimilitud indicaron que para PCN, PC50 y PC100, el modelo de análisis más adecuado es M5 que considera los efectos genéticos directos, maternos y de ambiente permanente, además de la covariancia entre los efectos genéticos directos y maternos. Este modelo de análisis es reportado, para las mismas características por López *et al.* (2012), Puntas Tejero (2011), Benavides (2011) y Naser *et al.* (2000), al igual que de Sousa (1999) para la raza Santa Ines. Nasholn y Danell (1996) utilizan un modelo análogo, para analizar esta característica en ovejas suecas,

Peso Corporal al nacimiento

Heredabilidad directa

Los parámetros de heredabilidad directa dependen del modelo que se emplee. Janssens *et al* (2000) reportan para la raza Texel un valor estimado de 0,23 teniendo en cuenta los efectos maternos en los modelos. Para este estudio, en el modelo M1, que no contempló efectos maternos, el valor estimado fue de 0,32, pero al añadir al modelo algún efecto materno, tal como en los modelos M2 y M4, esta heredabilidad disminuye a 0,17 y 0,19, respectivamente. Estos últimos valores concuerdan con los mencionados por Janssens *et al* (2000), Valerio *et al.* (2015) en la raza Junin, Shiotsuki *et al.* (2014) en la raza Morada Nova, Zishiri *et al.* (2013) para Dorper sudafricano, Lopez *et al.* (2012) para la raza criolla Chiapas, Prakash *et al.* (2012) con Malpura, Sarmiento *et al.* (2006) para Santa Ines, Safari *et al.* (2005) en razas doble propósito y Sousa *et al.* (1999) en la raza Santa Ines. Cuando se incorpora en el modelo, además de efectos maternos, la covariancia entre los efectos genéticos directos y maternos (modelos M3 y M5), la heredabilidad directa resulta en valores estimados similares al modelo más simple, con valores de 0,35. Para estos casos la variancia residual presenta una disminución ante la incorporación de este parámetro con respecto al modelo M1. Safari *et al.* (2005) atribuyen pequeñas reducciones de la heredabilidad directa al incorporar efectos maternos, con respecto a modelos que no los incluyen, debido a la incorporación de la covariancia entre los efectos genéticos directos y maternos. Este valor se encuentra dentro del rango reportado por Jafari *et al.* (2014) para la raza Makuie y Prince *et al.* (2010) con la raza Avikalim. Valores de heredabilidad directa altos, como el estimado para el modelo más adecuado (M5) suponen una buena respuesta de esta característica para un programa de mejoramiento.

Heredabilidad materna

Los valores estimados para heredabilidad materna fueron menores a la heredabilidad directa y muy variables, entre 0,06 y 0,28 dependiendo el modelo utilizado. Para el modelo M5 que resultó ser el más adecuado para analizar esta característica, que contempla los efectos maternos de manera particionada y además incluye la covariancia entre los efectos genéticos directos y maternos, el valor estimado fue de 0,16. Este se encuentra dentro de los valores reportados por la literatura (Shiotsuki, *et al.*, 2014; Benavides, 2011; Sousa, *et al.*, 1999; Sarmiento *et al.* 2016 y Safari, *et al.* 2005). Cuando en el modelo de análisis no se diferenciaron los efectos maternos, el valor estimado para la heredabilidad materna fue máximo 0,28 concordando con Valerio *et al.* (2015) en la raza Junin, Nasholm y Danell (1996) en

raza sueca de lana fina y Rashidi *et al.* (2008) en ovejas Kermani, estimados con modelos similares. Gowane *et al.* (2014) resalta la importancia de particionar los efectos maternos a fin de evitar la sobrestimación de la heredabilidad materna, fenómeno que se observó en este estudio.

Efecto del ambiente permanente materno

El valor estimado para la porción de la varianza fenotípica debida a los efectos de ambiente permanente fue de 0,1 para la característica PCN. Este valor coincide con lo reportado por Safari *et al.* (2005) y se encuentra dentro del rango de valores estimados bajos que menciona la literatura 0,04, 0,07, 0,08, 0,09, 0,11 y 0,12 reportados por Benavides (2011), El-Awady (2011), Sousa *et al.* (1999), Rashidi (2013), Lopez *et al.* (2012) y Naser *et al.* (2001), respectivamente. Este último autor atribuye la importancia de estos efectos asociados al ambiente uterino provisto por la madre proporcionando el espacio suficiente para el nacimiento del feto y también las atenciones maternas post parto.

Correlación entre los efectos genéticos directos y maternos

Las correlaciones entre los efectos genéticos directos y maternos, para la característica PCN resultaron negativas, variando entre -0,59 y -0,64. Comportamientos similares de carácter negativo, aunque variables en magnitud, son reportados por Lopez *et al.* (2012) en la raza criolla Chiapas, Safari *et al.* (2005) en razas doble propósito, Sousa *et al.* (1999) para Santa Ines y El-Awady (2011) en Barki. Para la raza Texel Janssens *et al.* (2000) cita un valor similar (-0,47) para peso corporal a los 30 días. Por el contrario, otros autores indican correlaciones positivas como Nasholm y Danell (1996) en raza sueca de lana fina. Las razones de la gran magnitud de los estimadores obtenidos no son explicados con certeza por los autores, pero Robinson (1996) concluye que se puede deber no solo al antagonismo genético, sino también debido a una variación adicional provocada por la interacción de los efectos padres*año que, al ser incluidos en el modelo, la magnitud de la correlación genética era reducida significativamente. La correlación genética aditiva entre los efectos directos y maternos muestran valores altos y negativos en Cantet *et al.* (1988) y un factor determinante en las estimaciones obtenidas para este parámetro fue la inclusión o no de la covarianza madre-descendiente en el análisis. El autor cuantificó la

influencia de la aptitud materna sobre la de sus hijas. La estimación obtenida determinó una influencia negativa del ambiente aportado por las madres sobre la futura capacidad materna de sus hijas. Cuando se tuvo en cuenta ésta relación entre efectos maternos de madre e hija en el análisis, la correlación genética entre efectos directos y maternos disminuyó en magnitud, aunque continuó siendo negativa. Asimismo, Meyer (1997) logró disminuir este parámetro en la raza Hereford, incluyendo el fenotipo de la madre como covariable, declarando de que en algunas poblaciones las estimaciones altamente negativas de la correlación entre efectos directos y maternos pueden ser atribuidas a una relación ambiental que no ha sido correctamente modelizada. Por otro lado, el antagonismo entre el efecto genético directo de un animal y el de la madre para la genética materna podría deberse a la selección natural para un óptimo intermedio (Tosh y Kemp, 1994). Cundiff (1972) postuló que desde un punto de vista evolutivo la relación es negativa y, por lo tanto, evita que las especies se vuelvan cada vez más grandes. Los valores obtenidos en este estudio sobre la correlación negativa entre los efectos genéticos directos y maternos indican lo difícil que es mejorar al mismo tiempo ambos en un programa de mejoramiento.

Heredabilidad total

La heredabilidad total calculada para la característica PCN con el modelo M1 fue de 0,31. La no inclusión de componentes importantes en el modelo, como los efectos maternos, arrojan valores sobrestimados. Con la incorporación de algún componente materno en los demás modelos, se contribuyó a disminuir este parámetro. El valor estimado con el modelo M5, modelo escogido para analizar la característica PCN, resultó ser moderado (0,20) concordando con la literatura para las razas Morada Nova (Shiotsuki, et al (2014), Malpura (Prakash, et al. 2012), Santa Ines (Sarmiento, et al. 2006), Razas doble propósito (Safari, et al. 2005), entre otras.

Peso corporal a los 50 días

Heredabilidad directa

Muchos autores reportan estimaciones de heredabilidad directa para las características de peso corporal al nacimiento y peso al destete, pero son relativamente menores los estudios que consideran en sus análisis, características de

predestete con inclusión de efectos maternos. Para este estudio, el valor estimado para P50 fue 0,37 utilizando el modelo que incluye los efectos genéticos directos, maternos y de ambiente permanente (M5). La estimación de éste parámetro fue levemente superior al valor estimado, con el mismo modelo, para la característica PCN. Janssens *et al* (2000) analiza características predestete en la raza Texel, citando valores de heredabilidad directa de 0,24 y 0,28 para pesos corporales a 30 y 70 días, respectivamente, incluyendo en sus modelos efectos maternos, siendo valores cercanos a los resultados de este estudio. Estimaciones similares, con valores moderados a altos, son reportados para la raza Segureño (Puntas Tejero, 2011), Merino Sudafricano (Neser, *et al.* 2000) y Dorper (Neser, *et al.* 2001), en todos los casos incluyendo la covariancia entre los efectos genéticos directos y maternos. Por el contrario, la literatura menciona para este tipo de característica y para otras razas, heredabilidades directas bajas como en el caso de la raza HampshirexSuffolk (Mousa, *et al.* 1999).

Heredabilidad materna

La heredabilidad materna para la característica PC50 estimada en este estudio y usando el modelo M5, elegido para analizar esta característica, fue de 0,05, 11% menor al estimado para la característica PCN. La disminución en la importancia de los efectos maternos desde el nacimiento hasta el destete fue informada anteriormente por Snyman *et al.* (1996), Safari *et al.* (2005) y Valerio *et al.* (2015). Valores estimados bajos similares al mencionado, son reportados por Mousa *et al.* (1999) para Hampshire x Suffolk y Neser *et al.* (2000) para Merino sudafricano, usando el mismo modelo de análisis. Cuando no se particionan los efectos maternos como en el modelo 3 (M3), la heredabilidad materna asume un valor moderado (0,22) similar al como mencionado Sarmiento *et al.* (2006) para la raza Santa Ines y sin incluir los efectos de ambiente materno.

Efecto del ambiente permanente materno

El valor estimado para la porción de la varianza fenotípica debida a los efectos de ambiente permanente fue de 0,20 para la característica PC50, lo que corresponde a un 10% mayor que lo calculado para PCN en este estudio. Los efectos de ambiente

permanente para esta característica están determinados principalmente por la producción de leche de la madre y otros factores que afectan a la misma, como ser los factores ambientales que determinan de cantidad y calidad del forraje. Valores similares estimados para esta característica son reportados por Naser *et al.* (2000 y 2001) en Dorper y Merino Sudafricano, Mousa *et al.* (1999) en Hampshire x Suffolk y Mandal *et al.* (2006) en Muzaffarnagari.

Correlación entre los efectos genéticos directos y maternos

La correlación entre los efectos genéticos directos y maternos, para la característica PC50 fue de $-0,80$ calculada con el modelo 5 (M5), lo cual manifiesta el antagonismo existente entre estos efectos y la dificultad de mejorar ambos al mismo tiempo. Además, al igual que lo mencionado para la característica PCN, es un efecto que podría llegar a corregirse y que queda mucho camino por recorrer sobre las determinaciones de este parámetro. Estimaciones de correlaciones entre efectos genéticos directos y maternos, similares a los de este estudio, son mencionados en Janssens *et al.* (2000) para la raza Texel de Bélgica.

Heredabilidad total

La heredabilidad total estimada para la característica PC50 con el modelo M1, que no considera ningún efecto materno, fue alta (0,35). Para los modelos restantes, la inclusión de los efectos maternos contribuyó a disminuir los valores de este parámetro. La h^2_t estimada con el modelo de análisis adecuado para esta característica (M5) fue de carácter moderada, con un valor de 0,27. Valores similares son reportados por Naser *et al.* (2001) en raza Dorper.

Peso corporal a los 100 días

Heredabilidad directa

Los valores de heredabilidad directa estimados para la característica PC100 variaron en el rango comprendido entre 0,15 y 0,34 dependiendo el modelo utilizado. Los valores mínimos se estimaron en aquellos modelos en los cuales se incluyeron los efectos maternos, M2 (0,16), M3 (0,15), M4 (0,19) y M5 (0,18) y corresponden a heredabilidades directas moderadas, que coinciden con lo reportado por Valerio *et al.*

(2015), Jafari *et al.* (2014), Shiotsuki *et al.* (2014), Zishiri *et al.* (2013), Rashidi (2013), Prakash *et al.* (2012), Lopez *et al.* (2012), El-Awady (2011), Prince *et al.* (2010), Mandal *et al.* (2006), Safari *et al.* (2005), Naser *et al.* (2001) y Nasholm y Danell (1996). Por otro lado, el valor estimado utilizando el modelo M1 fue de 0,34 encontrando una sobreestimación con respecto a los modelos que incluyen efectos maternos. El valor de heredabilidad directa de 0.18, obtenida con el mejor modelo para el análisis de PC100, arrojó un valor menor al estimado para las otras características analizadas en este estudio, PCN (0,35) y PC50 (0,37). Este valor sugiere que en la población analizada hay considerable variabilidad genética en PC100 para obtener un progreso genético importante por selección. Valores estimados similares a este son mencionados por Valerio (2015) para la raza Junín, Shiotsuki (2014) para la raza Morada Nova, y Naser (2000;2001) en razas Merino sudafricano y Dorper.

Heredabilidad materna

La heredabilidad materna calculada para el modelo M5 fue de 0,03 que, comparado con las demás características analizadas, resulta similar a PC50 y menor a PCN. Esta tendencia es de esperarse puesto que a edades tempranas es mayor la dependencia del cordero por los cuidados de la madre y a medida que el cordero avanza en edad, la tendencia es que el valor de este parámetro, disminuya. Para características de PC100 algunos autores reportan heredabilidades maternas bajas tal como en este estudio. Entre ellos se puede mencionar Shiotsuki (2014) en la raza Morada Nova, Zishiri *et al.* (2013) en Dorper sudafricano, Rashidi (2013) en la raza Iran-Black, Lopez *et al.* (2012) en la raza criolla de Chiapas y Mousa *et al.* (1999).

Correlación entre los efectos genéticos directos y maternos

La correlación entre los efectos genéticos directos y maternos para la característica PC100 fue 0,18. Las estimaciones citadas por otros autores son muy variadas, desde estimaciones, similares a los de este estudio, y para la característica peso corporal a los 100 días son mencionados por Yazdi *et al.* (1997) para la raza Baluchi, Näsholm y Danell (1996) para razas laneras y Tosh y Kemp. (1994) en Romanov. El carácter positivo de las relaciones entre los efectos genéticos directos y maternos determina que la selección para un mayor peso del cordero no sólo aumenta el tamaño de las ovejas, sino que también mejora la posterior habilidad maternal.

Heredabilidad total

La heredabilidad total estimada para la característica PC100 fue de 0,23 con el modelo que incluye los efectos genéticos directos, maternos y de ambiente permanente, al igual que la correlación entre los efectos directos y maternos. Este valor es similar para los estimados en las características PCN y PC50, siendo levemente mayor para ésta última. Estimaciones moderadas para características en peso al destete en distintas razas son mencionadas por varios autores (Valerio *et.al.*, 2015; Shiotsuki *et al.* 2014; Rashidi *et al.* 2013; Pickering *et al.* 2013; Prakash *et.al.* 2012; Leslie *et.al.* 2010; y Safari *et al.* 2005).

CONCLUSIONES E IMPLICANCIAS

Para las características analizadas en este estudio se evidenció que los efectos maternos, tanto genéticos como de ambiente permanente, son un componente importante de variación, y la no inclusión de los mismos en los modelos, genera una sobrestimación de la heredabilidad total, comprometiendo el progreso genético.

Los valores de heredabilidad directa estimados fueron aumentando desde el nacimiento hasta el peso corporal a los cincuenta días, reflejando la expresión del potencial de los animales con el avance de la edad. Por otra parte, el peso corporal a los cien días evidenció una disminución con respecto a las demás características, hecho que se podría atribuir a diferencias en el manejo, como por ejemplo diferencias en la alimentación. Por lo tanto, el valor de heredabilidad directa, encontrados en este estudio, para ésta última característica sugiere que las condiciones ambientales tienen un alto efecto sobre la expresión fenotípica del mismo. A modo de resumen se sugiere que en todas las características analizadas existiría suficiente variabilidad genética para obtener un progreso genético importante por selección.

La importancia de los efectos maternos se redujo con el avance de la edad de los corderos, llegando a valores mínimos al destete. Dicho comportamiento asevera que estos efectos se vuelven casi imperceptibles a medida que la cría se independiza de la madre. Además se evidenció que la heredabilidad materna se ve incrementada cuando no se particionan los efectos maternos, demostrando en este estudio la necesidad de considerarlos en forma separada.

El mejor modelo para la estimación de parámetros genéticos para características de peso corporal al nacimiento, a los cincuenta días y a los cien días en ovinos Texel es el que incluye: efectos genéticos directos, efectos maternos, genéticos y de ambiente permanente, y considera la covariancia entre los efectos genéticos directos y maternos (M5).

Existe una asociación antagónica entre los efectos genéticos directos y maternos, la cual incrementa con la edad del animal, desde el nacimiento hasta el peso corporal a los cincuenta días. Esto indicaría que la selección por uno lo es en detrimento de la otra, y debería ser tenido en cuenta en programas de mejoramiento. Por el contrario, al destete dicha correlación resultó positiva y de baja magnitud, lo cual permitiría seleccionar animales por su potencial de crecimiento y a la vez manteniendo la habilidad maternal para la cría.

A través de esta tesis se estimaron los componentes maternos, tanto genéticos como de ambiente permanente, para las características de crecimiento, desde el nacimiento hasta el destete, en ovinos de la raza Texel, y que significan un avance metodológico para ser incorporados a los modelos que utiliza el servicio PROVINO. Dicha incorporación mejoraría las predicciones del mérito genético de los animales, posibilitaría selecciones para líneas maternas o paternas para ser usadas en cruzamientos terminales, generando un impacto económico para los productores que ejecutan programas de mejoramiento genético. Con lo expuesto se puede afirmar que todavía queda mucho camino por recorrer en el análisis de los efectos maternos en los ovinos para carne en nuestro país.

BIBLIOGRAFIA

- Abbasi, M.A., Abdollahi-Arpanahi, R., Maghsoudi, A., Torshizi, R.V., & Nejati-Javaremi, A. (2012). Evaluation of models for estimation of genetic parameters and maternal effects for early growth traits of Iranian Baluchi sheep. *Small Ruminant Research*, 104(1), 62-69.
- Abegaz, S., Van Wyk, J. B., & Olivier, J. J. (2005). Model comparisons and genetic and environmental parameter estimates of growth and the Kleiber ratio in Horro sheep. *South African Journal of Animal Science*, 35(1), 30-40.
- Alvarez, J. M.; García Vinent, J.C.; Miñon, D.P; Rodriguez Iglesias, R.M.; Giorgietti, H.D. y Rodriguez, G.D. (2005). Influencia del genotipo, sexo, tipo de parto sobre el crecimiento y terminación comercial de corderos en el noreste de Patagonia. *Revista Argentina de Producción Animal*. Vol25, supl.1: 231-246.
- Ambrossi Grasso, V., & Pereira de los Santos, M. B. (2013). Efecto de características maternas y del cordero sobre peso vivo al nacimiento, señalada, destete y supervivencia neonatal. Montevideo, Uruguay.
- Benavides, J. A. (2011). *Estimación de parámetros genéticos para características de crecimiento de ovinos Pelibuey y Blackbelly* (Doctoral dissertation, Tesis de Maestría en desarrollo y gestión de sistemas ganaderos. 30-45. Puebla, México: Colegio de Postgraduados).
- Buratovich, A. M. O., Villa, A. M., Ceballos, A. D. y Raso, M. (2006) EEA INTA Esquel. Producción de corderos en contraestación. *Carpeta de información técnica. Ganadería. EEA Esquel*, (23) Cardellino, R.; Rovira, J. (1987). Mejoramiento genético animal. Motevideo: Ed. Hemisferio Sur. 253.
- Cantet, R. J. C., Kress, D. D., Anderson, D. C., Doornbos, D. E., Burfening, P. J., & Blackwell, R. L. (1988). Direct and maternal variances and covariances and maternal phenotypic effects on preweaning growth of beef cattle. *Journal of Animal Science*, 66(3), 648-660.
- Cardellino, R., y Rovira, J. (1987). Mejoramiento genético animal. Ed. Agropecuária Hemisfério Sur (Uruguay, Montevideo). 253p
- Castellaro, G., García, X., Magofke, J. C., & Marín, G. (2016). Peso vivo y crecimiento de corderos merino precoz, suffolk y mestizos en praderas

mediterráneas semiáridas de Chile. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 32(1), 60-69.

- Ceballos, D. y Villa, M. (2017). Evaluación y características de la raza Texel. Material de difusión de la Estación Agroforestal Esquel. Enero 2017. Pp 227-230.
- Cuéllar-Gamboa, G. A., Jiménez-Robayo, L. M., Grajales-Lombana, H. A., Mendoza-Morales, L. F., Leal-Gutiérrez, J. D., & Sánchez-Isaza, C. A. (2015). Centro Agropecuario. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal AICA*, 6, 460-465.
- Cundiff, L. V. (1972). The role of maternal effects in animal breeding: VIII. Comparative aspects of maternal effects. *Journal of Animal Science*, 35(6), 1335-1337.
- Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini M.G.; Gonzalez L.; Tablada M. y Robledo C.W. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- El-Awady, H. G. (2011). Different animal models for estimating genetic parameters of Barki sheep in Egypt. *Journal of American Science*, 7(9), 882-887.
- Falconer, D. (1981). *Introduction to quantitative genetics*. 2nd ed. London: Logman. 340.
- Forero, F. J., Venegas, M., Alcalde, M. J., & Daza, A. (2017). Peso al nacimiento y al destete y crecimiento de corderos Merinos y cruzados con Merino Precoz e Ile de France: Análisis de algunos factores de variación. *Archivos de zootecnia*, 66(253), 89-97.
- Gama, L. T. (2002). *Melohoramiento genético animal*. Escolar editora. Lisboa.
- Giovannini, N. (2010). *Memorias VIII Curso de Actualización en Producción Ovina*, Bariloche, Argentina. Pp. 97-98.
- Giovannini, N.; Vozzi, A.; Alvarez, M.; Maizon, D. y Mueller, J. (2015) *Memorias IX Curso de Actualización en Producción Ovina*, Bariloche, Argentina. Pp 95-99.

- Giovannini, N. (2016). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Bariloche. San Carlos de Bariloche, Río Negro, Argentina.
- González-Mariscal, G., & Poindron, P. (2002). Parental care in mammals: immediate internal and sensory factors of control. In *Hormones, brain and behavior* (pp. 215-298). Academic Press.
- Gowane, G. R., Chopra, A., Prakash, V., & Prince, L. L. L. (2014). The role of maternal effects in sheep breeding: a review. *Indian J Small Ruminants (The)*, 20(1), 1-11.
- Herrera, J., Pulgarón, P., & Noda, A. C. (2008). Comportamiento productivo de ovinos Pelibuey en un sistema con bajos insumos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 42(1).
- Hinojosa-Cuéllar, J. A., Oliva-Hernández, J., Torres-Hernández, G., Segura-Correa, J. C., Aranda-Ibáñez, E. M., & González-Camacho, J. M. (2012). Factores que afectan el crecimiento predestete de corderos Pelibuey en el trópico húmedo de México. *Universidad y ciencia*, 28(2), 163-171.
- Hohenboken, WD (1985). Efectos maternos. *Genética general y cuantitativa*, 135-149.
- Iglesias, R., Salgado, E. R., Bain, I., Calvetty Ramos, M., Salguero, J., & Viegas Bordeira, H. (2005). Producción de corderos de la raza ovina en formación Frisona x Texel en un sistema exclusivo de carne. In Congreso Argentino de Producción Animal. 28. 2005 10 19-21, 19 al 21 de Octubre de 2005. *Bahía Blanca. AR*.
- Jafari, S., & Hashemi, A. (2014). Estimation of genetic parameters for body measurements and their association with yearling liveweight in the Makuie sheep breed. *South African Journal of Animal Science*, 44(2), 131-139
- Janssens, S., Geysen, D., & Vandepitte, W. (2000). Genetic parameters for live weight in Belgian Texel sheep. In *Proceedings of the 51st Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Session (Vol. 1)*.
- Kushwaha, B.P.; A. Mandal; A.L. Arora; R. Kumar; S. Kumar and D.R. Notter. (2009). Direct and maternal (co)variance components and heritability estimates for bodyweights in Chokla sheep. *J. Anim. Breed. Genet.* 126:278.

- León, J. M., Zamora, R., Puntas, J., Delgado, J. V., Benavente, M., Barba, C., & Lobillo, J. (2005). Estudio de la prolificidad en la oveja Segureña. Resultados preliminares. *Archivos de zootecnia*, 54(206-207).
- López-Ordaz, R., Olivera-Vega, I., Berruecos Villalobos, J. M., Peralta-Lailson, M., Ulloa-Arvizu, R., & Vásquez Peláez, C. G. (2012). Parámetros genéticos de pesos al nacer y al destete en ovinos de raza criolla de Chiapas. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 3(1), 113-123.
- Macedo, R., & Arredondo, V. (2008). Efecto del sexo, tipo de nacimiento y lactancia sobre el crecimiento de ovinos Pelibuey en manejo intensivo. *Archivos de zootecnia*, 57(218), 219-228.
- Mandal, A., Naser, F. W. C., Rout, P. K., Roy, R., & Notter, D. R. (2006). Estimation of direct and maternal (co) variance components for pre-weaning growth traits in Muzaffarnagari sheep. *Livestock Science*, 99(1), 79-89.
- Mandal, A.; Naser, F.W.C.; Roy, R.; Rout, P.K. and Notter, D.R. (2009) Estimation of (co)variance components and genetic parameters of greasy fleece weights in Muzaffarnagari sheep, *J. Anim. Breed Genet*, 126, 22-29.
- Meyer, K. (1997). Estimates of genetic parameters for weaning weight of beef cattle accounting for direct-maternal environmental covariances. *Livestock Production Science*, 52(3), 187-199.
- Meyer, K. (2006). Wombat- A program for mixed model analyses by restricted maximum likelihood. User notes. Animal Genetics and Breeding Unit, Armidale.
- Mousa, E., Van Vleck, L. D., & Leymaster, K. A. (1999). Genetic parameters for growth traits for a composite terminal sire breed of sheep. *Journal of animal science*, 77(7), 1659-1665.
- Mrode, R.A. (2005). Linear models for the prediction of animal breeding values. (Second edition). Cambridge. USA. CABI.
- Mueller, J. (2001). Mejoramiento genético de las majadas patagónicas. *Ganadería sustentable en la Patagonia Austral*. Borrelli P, Oliva G (eds). Ed INTA Reg Pat Sur. p, 209-222.
- Mueller, J. (2013). Conferencia presentada en el Primer Congreso Panamericano de Ovinocultura, Querétaro, México, 20-22 de marzo de 2013. Comunicación Técnica INTA Bariloche Nro. PA 618.

- Näsholm, A. and Danell, Ö. (1996). Maternal genetic effects on lamb weights. vol. 18. Proc. 5th World Cong. Genet. Appl. Livest. Prod., Guelph, Canada, pp. 163–166.
- Naser, F. W. C., Erasmus, G. J., & Van Wyk, J. B. (2000). Genetic studies on the South African Mutton Merino: growth traits. South African Journal of Animal Science, 30(3), 172-177.
- Naser, F. W. C., Erasmus, G. J., & Van Wyk, J. B. (2001). Genetic parameter estimates for pre-weaning weight traits in Dorper sheep. Small Ruminant Research, 40(3), 197-20
- Ossa, G., Suárez Tronco, M., & Pérez, J. (2005). Efectos del medio y la herencia sobre el peso al destete de terneros de la raza Romosinuano. Revista MVZ Córdoba, 10(2).
- Pickering, N. K., Dodds, K. G., Blair, H. T., Hickson, R. E., Johnson, P. L., & McEwan, J. C. (2012). Genetic parameters for production traits in New Zealand dual-purpose sheep, with an emphasis on dagginess. Journal of animal science, 90(5), 1411-1420.
- Prakash, V., Prince, L. L. L., Gowane, G. R., & Arora, A. L. (2012). The estimation of (co) variance components and genetic parameters for growth traits and Kleiber ratios in Malpura sheep of India. Small ruminant research, 108(1), 54-58.
- Prince, L.L.L.; Gowane, G. R.; Chopra, A. and Arora, A. L. (2010). Estimates of (co)variance components and genetic parameters for growth traits of Avikalin sheep. Trop Anim Health Prod. 42,1093–1101.
- Puntas Tejero, J. (2011). Estimación de parámetros genéticos de los criterios de selección del ovino Segureño. España.
- Quintanilla, R., y Piedrafita, J. (2000). Efectos maternos en el peso al destete del ganado vacuno de carne: revisión. *Itea*, 96(1), 7-39.
- Quintero, J. C., Triana, J. G., Quijano, J. H., & Arboleda, E. (2007). Influencia de la inclusión del efecto materno en la estimación de parámetros genéticos del peso al destete en un hato de ganado de carne. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 20(2), 117-123.

- Rashidi, A., Mokhtari, M. S., Jahanshahi, A. S., & Abadi, M. M. (2008). Genetic parameter estimates of pre-weaning growth traits in Kermani sheep. *Small Ruminant Research*, 74(1), 165-171.
- Rashidi, A. (2013). Genetic parameter estimates of body weight traits in Iran-Black sheep. *Journal of Livestock Science and Technologies*, 1(1), 50-56.
- Robinson D L (1996). Estimation and interpretation of direct and maternal genetic parameters for weights of Australian Angus cattle. *Livestock Production Science* 45: 1–11.
- Safari, E., Fogarty, N. M., & Gilmour, A. R. (2005). A review of genetic parameter estimates for wool, growth, meat and reproduction traits in sheep. *Livestock Science*, 92(3), 271-289.
- Salgado, E.; Castro, R.; Iglesias, R. y Bain, I. (2014) Producción de leche de ovejas cruce (Frisona x Texel). Efectos del número de parto sobre la producción.
- Sarmiento, J. L. R., Torres, R. A., Sousa, W. H., Pereira, C. S., Lopes, P. S., & Breda, F. C. (2006). Estimación de parâmetros genéticos para características de crescimento de ovinos Santa Inês utilizando modelos uni e multicaracterísticas Estimation of genetic parameters for growth traits of Santa Inês sheep using single and multiple-trait models. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 58(4), 581-589.
- Salgado, E., Castro, R., Iglesias, R., y Bain, I. (2014). Producción de leche en ovejas cruzas (Frisona x Texel). Efecto del número de parto sobre la producción. Artículo de divulgación INTA. E.E.A. Chubut. Argentina
- Shiotsuki, L., de Oliveira, D. P., Lôbo, R. N. B., & Facó, O. (2014). Genetic parameters for growth and reproductive traits of Morada Nova sheep kept by smallholder in semi-arid Brazil. *Small Ruminant Research*, 120(2), 204-208.
- Silva, P. K. Andrade da. (2014). Estimativas de parâmetros genéticos para características de habilidade materna e reprodutivas em fêmeas da raça Santa Inês. 2014. 36 f. Dissertação (mestrado) – Uidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia.
- Snyman, M. A., & Olivier, J. J. (1996). Genetic parameters for body weight, fleece weight and fibre diameter in South African Angora goats. *Livestock Production Science*, 47(1), 1-6.

- Sousa, V. H., Pereira, C. S., Bergmann, J. A. G., & da Silva, F. L. R. (1999). Estimativas de componentes de (co) variância e herdabilidade direta e materna de pesos corporais em ovinos da raça Santa Inês. Embrapa Caprinos e Ovinos-Artigo em periódico indexado (ALICE).
- Tamioso, P., Dias, L., Teixeira, R., & da Silva, C. (2014). Estimativas de parâmetros genéticos para características de crescimento de cordeiros mestiços Suffolk. *Ciência Animal Brasileira*, 15(4), 414-419.
- The breeder's guide. (2004). Australia. Meat & Livestock Australia.
- Tosh, J. J., & Kemp, R. A. (1994). Estimation of variance components for lamb weights in three sheep populations. *Journal of Animal Science*, 72(5), 1184-1190.
- Utrera, A. (2010). Guía técnica de programas de control de producción de producción y mejoramiento genético en ovinos. Alfa design and printing. Monterrey, México.
- Valerio, D.; Gutiérrez, G. y Chávez, J. (2015). Efectos genéticos directos y maternos sobre el crecimiento de ovinos de la raza Junín. *Rev. Inv. Vet. Perú*. 26(1): 28-35
- Van Eenennaam, A.L.; Weigel, K.A.; Young, A.E.; Cleveland, M.A. and Dekkers, J.C.M. (2014). Applied Animal Genomics:Results from the Field . *Annu. Rev. Anim. Biosci.* 2014. 2:105–39.
- Gonzalez, K. 2017. Diez Razones para Criar Ovejas Texel. <https://www.veterinariargentina.com/revista/2017/07/diez-razones-para-criar-ovejas-texel/> Consulta: Agosto 2019.
- Willham, R.L. (1972). The role of maternal effects in Animal breeding: III. Biometrical aspects of maternal effects in animal. *J. Anim. Sci.*, 35, 1288–1293.
- Yazdi, MH, Engström, G., Näsholm, A., Johansson, K., Jorjani, H. y Liljedah, LE (1997). Parámetros genéticos del peso del cordero a diferentes edades y producción de lana en ovinos Baluchi. *Ciencia animal*, 65 (2), 247-255.
- Zishiri, O. T., Cloete, S. W. P., Olivier, J. J., & Dzama, K. (2013). Genetic parameters for growth, reproduction and fitness traits in the South African Dorper sheep breed. *Small Ruminant Research*, 112(1), 39-48.