



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

**POSTGRADO EN DESARROLLO Y GESTIÓN DE SISTEMAS
GANADEROS**

**ESTIMACION DE PARAMETROS GENETICOS PARA
CARACTERISTICAS DE CRECIMIENTO DE OVINOS
PELIBUEY Y BLACKBELLY**

JOSÉ ALFONSO BENAVIDES BAÑALES

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO TECNÓLOGO

**PUEBLA, PUEBLA
2011**



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

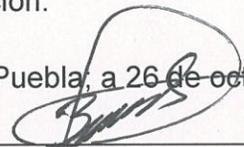
INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRICOLAS
CAMPECHE-CORDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSI-TABASCO-VERACRUZ

CAMPUS-43-2-03 ANEXO

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe **José Alfonso Benavides Bañales**, alumno de esta institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del **Dr. José Víctor Rodríguez Hernández** por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **Estimación de Parámetros Genéticos para Características de Crecimiento de Ovinos Pelibuey y Blackbelly** y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esa Institución.

Puebla, Puebla, a 26 de octubre de 2011



José Alfonso Benavides Bañales



Firma

Vo. Bo. Profesor Consejero

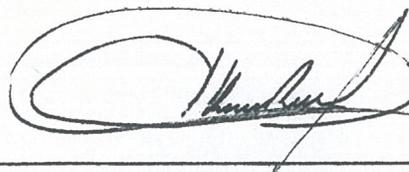
Dr. José Víctor Rodríguez Hernández

La presente tesis, titulada: **Estimación de Parámetros Genéticos para Características de Crecimiento de Ovinos Pelibuey y Blackbelly**, realizada por el alumno **José Alfonso Benavides Báñales**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO TECNÓLOGO EN
DESARROLLO Y GESTIÓN DE SISTEMAS GANADEROS**

CONSEJO PARTICULAR

PROFESOR CONSEJERO:



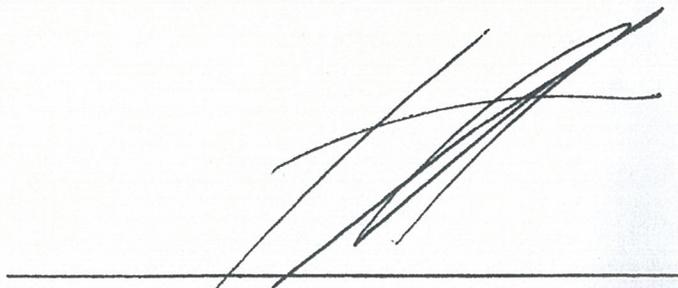
DR. JOSE VICTOR RODRIGUEZ HERNANDEZ

DIRECTOR DE TESIS:



DR. ANGEL RIOS UTRERA

ASESOR:



DR. VICENTE E. VEGA MURILLO

**ESTIMACION DE PARAMETROS GENETICOS PARA
CARACTERISTICAS DE CRECIMIENTO DE OVINOS
PELIBUEY Y BLACKBELLY**

José Alfonso Benavides Bañales, M.T.

Colegio de Postgraduados, 2011

Se analizaron datos de peso al nacimiento (PN) y al destete (PD) de corderos Pelibuey y Blackbelly pertenecientes a la Asociación Mexicana de Criadores de Ovinos (AMCO) para estimar componentes de covarianza y parámetros genéticos. Los registros de peso al destete fueron ajustados a 75 días de edad. Los datos fueron analizados con modelos animal para una sola característica (análisis univariados) y el procedimiento de Máxima Verosimilitud Restringida (REML). Los modelos usados dependieron de la característica y la raza. El modelo animal para analizar el peso al nacimiento de corderos Pelibuey y Blackbelly incluyó el efecto genético aditivo directo, el efecto genético aditivo materno y el efecto del ambiente materno permanente, asumiendo que la covarianza entre efectos directos y maternos fue igual a cero. Para peso al destete ajustado a 75 días de edad de corderos Blackbelly, el modelo animal incluyó el efecto genético aditivo directo, el efecto genético aditivo materno y la covarianza entre efectos directos y maternos. Para corderos Pelibuey, el modelo animal para analizar el peso al destete ajustado a 75 días de edad incluyó el efecto genético aditivo directo, el efecto genético aditivo materno, la covarianza entre efectos directos y maternos, y el efecto ambiental permanente de la madre. Para ambas características y razas, los efectos fijos incluidos en los modelos fueron: sexo del cordero, tipo de nacimiento o destete (sencillo, doble, triple), grupo contemporáneo y edad de la borrega, en días, como covariable. Grupo contemporáneo se definió como un grupo de corderos nacidos en el mismo rebaño, año y época, y que fueron pesados al destete en la misma fecha. Los estimadores de heredabilidad directa para PN y PD fueron: 0.01 y 0.31, y 0.05 y 0.41 para Pelibuey y Blackbelly, respectivamente. Los estimadores de heredabilidad

mismo rebaño, año y época, y que fueron pesados al destete en la misma fecha. Los estimadores de heredabilidad directa para PN y PD fueron: 0.01 y 0.31, y 0.05 y 0.41 para Pelibuey y Blackbelly, respectivamente. Los estimadores de heredabilidad materna para PN y PD fueron: 0.02 y 0.21, y 0.12 y 0.28 para Pelibuey y Blackbelly, respectivamente. Para peso al destete, los efectos genéticos aditivos directos fueron más importantes que los efectos genéticos aditivos maternos. Los estimadores de heredabilidad directa para peso al destete indican que es posible realizar progreso genético en ambas razas al seleccionar directamente sobre peso al destete.

ESTIMATION OF GENETIC PARAMETERS FOR GROWTH TRAITS IN PELIBUEY AND BLACKBELLY SHEEP

José Alfonso Benavides Bañales, M.T.

Colegio de Postgraduados, 2011

Birth (BW) and weaning weight (WW) data of Pelibuey and Blackbelly lambs from Asociación Mexicana de Criadores de Ovinos (AMCO) were analyzed to estimate (co)variance components and genetic parameters. Weaning weight records were adjusted to 75 days of age. Data were analyzed with single-trait animal models (univariate analyzes) and Restricted Maximum Likelihood (REML) procedures. Models used depended on the trait and breed. The animal model to analyze birth weight data of Pelibuey and Blackbelly lambs included direct additive genetic effects, maternal additive genetic effects and maternal permanent environmental effects, assuming the covariance between direct and maternal effects was equal to zero. For weaning weight adjusted to 75 days of age of Blackbelly lambs, the animal model included direct additive genetic effects, maternal additive genetic effects and the covariance between direct and maternal effects. For Pelibuey lambs, the animal model to analyze weaning weight adjusted to 75 days of age included direct additive genetic effects, maternal additive genetic effects, the covariance between direct and maternal effects, and maternal permanent environmental effects. For both traits and breeds, fixed effects included in the models were: sex of the lamb, type of birth or weaning (simple, twin, triplet), contemporary group and the age of the ewe, in days, as a linear covariable. Contemporary group was defined as a group of lambs born in the same flock, year and season, and weighed in the same date at weaning. Estimates of direct heritability for BW and WW were: 0.01 and 0.31, and 0.05 and 0.41 for Pelibuey and Blackbelly, respectively. Estimates of maternal heritability for BW and WW were: 0.02 and 0.21, and 0.12 and 0.28 for Pelibuey and Blackbelly, respectively. For weaning weight, direct additive genetic effects were more important than maternal additive genetic effects.

Estimates of direct heritability for weaning weight indicate that genetic progress from direct selection on weaning weight might be possible in both breeds.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a toda mi familia, con amor recordándoles que siempre hay que luchar por alcanzar nuestros objetivos, algunos se lograran, otros tal vez no pero siempre hay que seguir intentando, si no lo hacemos, entonces qué?.

Ya que el conocimiento es una herramienta para el desarrollo.

A la Bióloga Sandra Estela Sierra Delgado, gran compañera y excelente amiga, mil gracias de todo corazón.

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados, Campus Puebla por aceptarme como estudiante y por la oportunidad de aprender las experiencias y conocimientos de los investigadores.

A los Drs. Samuel Vargas López, Juan de Dios Guerrero Rodríguez, por otorgarme apoyo en todo momento, por sus enseñanzas gracias amigos.

A la Secretaria de Desarrollo Rural y al Ing. Alberto Jiménez Merino por permitirme las facilidades para poder cursar la Maestría.

A mis asesores los Doctores Ángel Ríos Utrera, Vicente Vega Murillo y José Víctor Rodríguez Hernández, siempre con la disposición y brindar parte de su valioso tiempo para compartir sus conocimientos y su experiencia con un servidor

CONTENIDO

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. JUSTIFICACIÓN.....	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
3.1 Peso al nacimiento.....	7
3.1.1. Heredabilidad directa.....	7
3.1.2. Heredabilidad materna.....	11
3.1.3. Correlación entre efectos directos y maternos.....	13
3.2 Peso al destete.....	15
3.2.1. Heredabilidad directa.....	15
3.2.2. Heredabilidad materna.....	18
3.2.3. Correlación entre efectos directos y maternos.....	20
3.3 Conclusiones e implicaciones.....	22
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
4.1 Datos.....	23
4.2 Estimación.....	23
4.3 Modelos estadísticos.....	23
4.4 Valores preliminares, convergencia y errores estándar.....	24
4.5 Modelos en notación matricial.....	25
4.6 Estimadores de parámetros genéticos.....	26
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
5.1 Peso al nacimiento.....	31
5.1.1. Heredabilidad directa.....	31
5.1.2. Heredabilidad materna.....	33
5.2 Peso al destete.....	34
5.2.1. Heredabilidad directa.....	34
5.2.2. Heredabilidad materna.....	35
5.2.3. Correlación entre efectos directos y maternos.....	35
VI. CONCLUSIONES E IMPLICACIONES.....	37
VII. LITERATURA CITADA.....	38

ÍNDICE DE CUADROS

		Página
Cuadro 1	Niveles de heredabilidad para algunas características de crecimiento de corderos.	13
Cuadro 2	Estadísticas descriptivas y estructura de la información para peso al nacimiento (PN) y peso al destete ajustado a 75 días de edad (P75) de corderos Pelibuey y Blackbelly.....	36
Cuadro 3	Estimadores de componentes de varianza para peso al nacimiento (PN) y peso al destete ajustado a 75 días de edad (P75) de corderos Pelibuey y Blackbelly.....	37
Cuadro 4	Estimadores de parámetros genéticos y sus errores estándar para peso al nacimiento (PN) y peso al destete ajustado a 75 días de edad (P75) de corderos Pelibuey y Blackbelly.....	39

I. INTRODUCCIÓN

Los ovinos de pelo comprenden aproximadamente el 10% de la población total de ovinos en el mundo (Wildeus, 1997). En México las razas de pelo predominantes son Blackbelly y Pelibuey con cerca de 500 mil cabezas, lo que representa el 90-95% de la población total de ovinos de pelo (Galina *et al.*, 1996). Los ovinos de pelo son un recurso genético importante por su rápida propagación (Gutiérrez *et al.*, 2005) debido a que tienen mayor fertilidad que los ovinos de lana. Sin embargo, poco se ha hecho para caracterizar su productividad (Segura *et al.*, 1996).

Los estados del centro de la república mexicana tienen una marcada vocación en la cría de ovinos, sin embargo, esta actividad se caracteriza por estar en manos de productores de bajo poder adquisitivo, alejados de la tecnología y con un ganado con potencial genético desconocido (Tron, 2004).

Algunos estados de la República Mexicana han mostrado una tendencia evolutiva en la cría de ovinos, pudiéndose observar un cambio en los sistemas de producción que se caracteriza por una mayor tecnificación; sin embargo, las unidades de producción ovina realizan selección de manera tradicional, es decir, con base en la apariencia externa (alzada, color, forma de la cabeza y de las patas), sin tomar en cuenta su verdadero valor genético. Desafortunadamente, la selección basada en la apariencia externa no garantiza un mejoramiento genético de la especie.

Contrariamente, en países desarrollados, la selección se realiza mediante técnicas que permiten evaluar el progreso genético de las poblaciones ovinas, usando los valores genéticos de los animales (León *et al.*, 2005) para características de importancia económica, como son: la tasa reproductiva de la borrega, la velocidad de crecimiento del cordero y la calidad de la canal, lo cual ha conducido a un mejoramiento genético sustancial y, consecuentemente, en un aumento eficaz en la producción y la calidad.

Los productores de ovinos de las razas Pelibuey y Blackbelly en México necesitan implementar un sistema de selección basado en registros productivos de características de importancia económica, que les permita seleccionar a sus ovinos con base en estimaciones del verdadero valor genético del animal. Por todo lo anterior, el objetivo de la presente tesis fue estimar parámetros genéticos (heredabilidades y correlaciones genéticas) para características de crecimiento de ovinos Pelibuey y Blackbelly de registro, como un paso previo a la implementación de un programa de selección basado en los valores genéticos de los animales.

II. JUSTIFICACIÓN

Los estimadores de parámetros genéticos, como la heredabilidad y la correlación genética entre efectos directos y maternos, son necesarios para formular programas de mejoramiento genético óptimos y poder evaluar el progreso genético de programas en marcha. Cabe hacer notar, que los parámetros genéticos son específicos para cada población de ganado ovino y por lo tanto se necesitan estudios de este tipo para las poblaciones Pelibuey y Blackbelly mexicanas.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

El bienestar de los animales en los sistemas de producción ha conducido a un mayor interés en la genética y en los componentes ambientales (Wolf *et al.*, 2008), ya que existen poblaciones que tienen rasgos genéticos particulares que se denominan recursos genéticos. Latinoamérica posee una amplia diversidad de recursos genéticos animales, los cuales se utilizan en diferentes sistemas y bajo variadas condiciones ecológicas y sociales (Segura-Correa y Montes-Pérez, 2001). Por medio de la selección realizada por el hombre, estas poblaciones que tienen rasgos genéticos particulares favorecen para que se adapten a las condiciones ambientales, por lo que este material genético debería ser mantenido como base para programas de mejoramiento (Quiroz *et al.*, 2008).

Los ovinos de pelo comprenden aproximadamente el 10% de la población total de ovinos en el mundo (Wildeus, 1997), siendo un importante recurso para muchos países de América Latina (Galina *et al.*, 1996), además de tener un papel esencial y contribuir de manera significativa a la economía y la supervivencia de la población rural de los trópicos (Rajab *et al.*, 1992), adquiriendo cada vez mayor importancia en México por sus características de adaptación (González *et al.*, 2002). Las razas de pelo más importantes en México son Blackbelly y Pelibuey, representando del 90 al 95% del total (500 mil cabezas) de la población (Galina *et al.*, 1996), siendo un recurso genético importante por la diversidad en la producción de pequeños rumiantes (Gutierrez *et al.*, 2005).

En todos los esquemas de crianza, las características de crecimiento son factores importantes para la rentabilidad de cualquier explotación ovina. El peso al nacer del cordero y su tasa de crecimiento del nacimiento hasta el destete, están determinados no sólo por su potencial genético, sino también por el ambiente que le proporciona su madre (Mandal *et al.*, 2006).

La heredabilidad se utiliza para describir la proporción de la variación fenotípica total de una población que se debe a factores genéticos indicando qué tanto se transmite un rasgo cuantitativo de una generación a otra. En sentido amplio, es una medida de la magnitud de la relación entre el fenotipo (valores fenotípicos) y el genotipo (valores genotípicos) de una población. En sentido estricto, la heredabilidad mide la capacidad de heredar un rasgo manifestado en los individuos de una población (Spide *et al.*, 1984).

Los estimadores de heredabilidad se utilizan en el mejoramiento de los animales para estimar la respuesta a la selección en una población. Una heredabilidad alta indica que gran parte de la variación se puede atribuir a factores genéticos, teniendo el ambiente menos impacto en la expresión de la característica. Por el contrario, cuando la heredabilidad es baja, es probable que los factores ambientales tengan un mayor impacto sobre la variación fenotípica en la población. En el Cuadro 1 se presentan niveles de heredabilidad para algunas características de crecimiento de corderos.

Los factores que influyen en la magnitud de la heredabilidad son:

- 1.- La constitución genética de la población. A mayor diversidad genética, mayor heredabilidad.
- 2.- La naturaleza biológica de la característica. Menor heredabilidad en caracteres de supervivencia y fertilidad; mayor heredabilidad en características de crecimiento.
- 3.- El medio ambiente. Menor heredabilidad cuanto más variable es el ambiente.
- 4.- El método de estimación. Algunos métodos para estimar la heredabilidad son más exactos, que otros.
- 5.- El diseño estadístico. Algunos diseños sobreestiman la heredabilidad, mientras que otros la subestiman.

Cuadro 1. Niveles de heredabilidad para algunas características de crecimiento de corderos.

Característica	Nivel	Índice de herencia (%)
Peso al nacer	Bajo a medio	10-30
Peso al destete	Bajo a medio	10-40
Peso al año	Medio	30-40

Adaptado de Spide *et al.* (1984).

La estimación de parámetros genéticos es esencial para la implementación de programas de mejoramiento genético (Vanimisetti *et al.*, 2006), los cuales se deben basar en tres aspectos importantes: 1) el objetivo de mejora, 2) los criterios de selección y 3) el diseño de apareamiento de los animales seleccionados, lo cual debe ir acompañado de mediciones precisas del comportamiento de las crías, y de cada individuo en la población, para poder realizar una efectiva evaluación genética (Rashidi *et al.*, 2007). En relación a esto, se han desarrollado procedimientos para medir el potencial genético individual, así como de familias, hermanos y la progenie, con el propósito de aumentar la precisión y mejorar la economía de los productores (Warwick y Legates, 1980).

Las metodologías para la evaluación genética de los animales no son estáticas, por el contrario, a medida que se desarrollan procedimientos más precisos estos tendrán que implementarse. La selección es un proceso direccional en el cual únicamente a una porción de la población se le permite reproducirse. Si los individuos seleccionados son genéticamente superiores al promedio de la población, entonces su descendencia se comportará por arriba del promedio para una determinada característica, donde el merito genético de la descendencia es dependiente del valor genético de sus padres.

A continuación se presenta una revisión de estimadores de parámetros genéticos para características de crecimiento publicados en la literatura científica.

3.1 Peso al nacimiento

3.1.1. Heredabilidad directa

En Estados Unidos de América, utilizando información de 2,158 corderos de las razas Corriedale, Hampshire, Shropshire y Dorset, Blackwell y Henderson (1955) encontraron que el estimador de heredabilidad directa para peso al nacimiento tuvo un valor de 0.33, lo que indica que los efectos directos para peso al nacimiento son moderadamente heredables.

María *et al.* (1993) al analizar 2,086 registros recolectados de 1987 a 1990 de corderos de la raza Romanov y ajustando un modelo animal que incluyó el efecto genético aditivo individual, el efecto genético aditivo materno y el efecto del ambiente permanente de la madre, encontraron que el estimador de heredabilidad directa para peso al nacimiento tuvo un valor cercano a cero (0.04), indicando que el progreso genético para peso al nacimiento sería nulo o muy lento en un programa de mejoramiento genético.

En Suecia, en la estación de cría de ovejas Abbasabad situada al noreste de Mashhad, Irán, utilizando información ($n=10,406$) proveniente de corderos de la raza Baluchi, nacidos entre 1966 y 1989, y aplicando un procedimiento de muestreo Gibbs, Yazdi *et al.* (1999) reportaron que la heredabilidad directa fue de 0.13, resultado que contrasta con el trabajo mencionado anteriormente, ya que este estudio realizado en Suecia sugiere que los efectos directos son heredados en baja magnitud.

Utilizando información de corderos de la raza Merino Español generada durante cinco años (1984 a 1989; $n= 5,136$ registros) y ajustando un modelo animal simple (es decir, el efecto genético aditivo individual fue el único efecto aleatorio en el modelo, además del ambiente temporal), Jurado *et al.* (1994) encontraron que el estimador de heredabilidad directa para peso al nacimiento tuvo un valor de 0.13, el cual es igual al estimador obtenido en el trabajo mencionado anteriormente (Yazdi *et al.*, 1999).

Con datos obtenidos de 1977 a 1991 a partir del programa canadiense para la evaluación genética de ovinos, Tosh y Kemp (1994), aplicando un modelo animal, encontraron que la heredabilidad directa para peso al nacimiento de corderos de las razas Hampshire (n=2,659), Polled Dorset (n=13,977) y Romanov (n=2,436) fue de 0.39, 0.12 y 0.07, lo que indica que la heredabilidad de los efectos directos para peso al nacimiento depende de la raza del cordero, ya que los estimadores variaron de muy cercanos a cero (0.07) a moderadamente altos (0.39), pasando por valores de baja magnitud (0.12).

En Chipre, con datos de 1,382 corderos (ambos sexos) de la raza Awassi, analizados con un modelo semental, Mavrogenis (1996) reportó que la heredabilidad directa para peso al nacimiento fue moderada (0.31 ± 0.08 .); por el contrario, en ese mismo año, Nasholm y Danell (1996), usando máxima verosimilitud restringida y un modelo animal simple, informaron que la heredabilidad directa para peso al nacimiento de corderos (5,001 registros) de una raza sueca local para producción de lana fina fue baja (0.07).

La comparación de estos dos trabajos sugiere una vez más que la heredabilidad directa para peso al nacimiento depende de la raza; sin embargo, el ambiente también pudo afectar las estimaciones de heredabilidad, ya que las condiciones climáticas en el Mediterráneo (Chipre) son muy diferentes a las condiciones climáticas que prevalecen cerca del Polo Norte (Suecia).

En Estados Unidos de América, a finales de los 90s, Mousa *et al.* (1999) después de examinar 9,055 registros recolectados durante los años 1983 a 1995 a partir de corderos hijos de sementales Columbia y borregas cruzadas Hampshire x Suffolk encontraron que el peso al nacimiento tuvo una heredabilidad directa de 0.09, después de promediar los estimadores obtenidos a partir de cuatro análisis bivariados (peso al nacimiento con peso al destete, peso a los 19 meses de edad, peso a los 31 meses de edad y ganancia diaria de peso pos-destete) en los que se aplicó un modelo animal.

Por su parte, Quesada *et al.* (2002), en un estudio realizado en el Distrito Federal de Brasil en el que se utilizaron los datos de 2,337 nacimientos de corderos de pelo de las razas Morada Nova y Santa Inés y de corderos cruzados Texel x Morada Nova, informaron que los efectos directos para peso al nacimiento tuvieron una baja heredabilidad (0.15).

La evaluación genética de una población de corderos Columbia (24,741 registros) nacidos en Estados Unidos de América en un periodo de 39 años (1959 a 1998), en la que se ajustó un modelo animal para dos características (análisis bivariado), reveló que el componente genético aditivo directo para peso al nacimiento tuvo una mediana heredabilidad, con un valor de 0.27 (Hanford *et al.*, 2002).

Un año más tarde, estos mismos investigadores del departamento de ciencia animal de la Universidad de Nebraska (Hanford *et al.*, 2003), con información de 33,994 registros generados durante el mismo periodo (1950 a 1998), a partir de corderos de la raza Targhee, obtuvieron una heredabilidad directa para peso al nacimiento similar (0.25), lo que sugiere que la magnitud de los efectos genéticos directos para peso al nacimiento es similar en estas dos razas ovinas.

En un estudio que involucró la raza ovina Awassi y una raza ovina local en el continente africano (Etiopía), Hassen *et al.* (2003) al analizar 6,437 registros de peso al nacimiento recolectados de 1987 a 1998 con el objetivo de estimar la heredabilidad directa con un modelo animal para dos características (peso al nacimiento con peso al destete o ganancia diaria de peso pre-destete), encontraron que esta característica de crecimiento fue moderadamente heredable (0.39), lo que indica que programas de selección con el objetivo de inducir cambio genético en el peso al nacimiento serían exitosos.

En una investigación realizada en Colombia, Martínez y Malagón (2005) examinaron los registros de peso al nacimiento de corderos Criollos ($n= 10,131$) y de la raza Mora

Colombiana (n=4,453), ajustando un modelo animal univariado (para una sola característica), con el objetivo de estimar parámetros genéticos. Estos dos investigadores encontraron que la heredabilidad directa para peso al nacimiento fue casi dos veces mayor en la raza Mora Colombiana que en ovinos Criollos (0.22 ± 0.08 vs 0.13 ± 0.06), sugiriendo que en Colombia el establecimiento de un programa de selección para ambas razas, resultaría en una mayor respuesta a la selección en la raza Mora Colombiana que en la Criolla.

La estimación de la magnitud de los efectos directos para características de crecimiento en ovinos, también se ha realizado en razas sintéticas o compuestas como la Polypay, la cual fue desarrollada a principios de los años 70's en una estación experimental ovina en Dubois, Idaho, Estados Unidos de América.

En esta raza, la cual se originó a partir de las razas Finnsheep, Rambouillet, Dorset y Targhee (Hulet *et al.*, 1984), Hanford *et al.* (2006) determinaron que la heredabilidad directa para peso al nacimiento (11,896 registros recolectados durante veinte años, de 1978 a 1998) fue del 17%, al utilizar un modelo animal que incluyó el efecto genético aditivo directo, el efecto genético aditivo materno y el efecto ambiental permanente de la madre.

En Irán, país donde la crianza de borregos se remonta a tiempos muy antiguos, un grupo de investigadores de las universidades de Kurdistan y Kerman (Rashidi *et al.*, 2007), quienes trabajaron con corderos (n=2,332 registros) de la raza Kermani y compararon seis modelos animal que consistían en diferentes combinaciones de efectos directos y maternos (genético y ambiental permanente), se encontró que la estimación de la heredabilidad directa para peso al nacimiento fue sobreestimada cuando sólo se incluyó en el modelo el efecto genético aditivo directo, en comparación con un modelo que incluyó, además del efecto genético aditivo directo, el efecto genético aditivo materno (0.37 vs 0.04), por lo que la determinación del mejor modelo animal debería ser un paso fundamental para asegurarse que dichas estimaciones

sean precisas y no sesgadas, ya que la estimación de los valores genéticos o diferencias esperadas en la progenie dependen de la heredabilidad.

En otro estudio más reciente, realizado en el mismo país (Irán), pero con la raza ovina Lori-Bakhtiari, Vatankhan y Talebi (2008), al analizar 5,826 registros recolectados de 1993 a 2004 con un modelo animal que incluyó efectos genéticos directos y maternos, también encontraron una heredabilidad directa moderada (0.31 ± 0.02) para peso al nacimiento. Por el contrario, en un estudio más reciente (Borg *et al.*, 2009), efectuado en Estados Unidos de América con información de 12,154 corderos de la raza Targhee, generada en un periodo comprendido de 1960 a 2005, y utilizando un modelo animal para estimar correlaciones genéticas (modelo bivariado), se encontró que el peso al nacimiento tuvo una baja heredabilidad directa (0.19).

3.1.2. Heredabilidad materna

En una investigación realizada en España (María *et al.*, 1993) en la que se analizaron 2,086 registros de la raza Romanov, recolectados de 1987 a 1990, y en la que se ajustó un modelo animal que incluyó el efecto genético aditivo individual, el efecto genético aditivo materno y el efecto del ambiente permanente de la madre, se encontró que el estimador de heredabilidad materna para peso al nacimiento fue de 22%.

En una investigación realizada con datos generados de 1975 a 1988 ($n=5,001$) en un rebaño de la raza Finewool Sueca, Nasholm y Danell (1996), usando el método de máxima verosimilitud restringida (REML) y un modelo animal para una sola característica, estimaron que la heredabilidad materna para peso al nacimiento fue de 0.30, la cual fue cuatro veces mayor que la heredabilidad directa (0.07), indicando que en esta raza los efectos genéticos maternos para peso al nacimiento son mucho más importantes que los efectos genéticos directos.

A finales de los 90's, en Estados Unidos de América, Mousa *et al.* (1999), después de examinar 9,055 registros recolectados durante los años 1983 a 1995 a partir de corderos hijos de sementales Columbia y borregas cruzadas Hampshire x Suffolk, encontraron que el peso al nacimiento tuvo una heredabilidad materna de 0.17, concluyendo que los efectos genéticos maternos también influyen sobre el peso al nacimiento, aunque en menor magnitud, en comparación con los resultados obtenidos por Nasholm y Danell (1996).

Con datos de la raza Kermani (n= 1,182 registros) colectados de 1993 a 1998 en una estación experimental ovina situada en la provincia de Kerman, Irán, Bahreini Behzadi *et al.* (2007), al comparar seis diferentes modelos animal encontraron que la heredabilidad materna para peso al nacimiento fue mayor que la heredabilidad directa (0.27 vs 0.10), por lo que concluyeron que los efectos genéticos aditivos maternos contribuyen más sobre el peso al nacimiento que los efectos genéticos aditivos directos en dicha raza.

En la estación experimental "El Koudia", localizada a 30 km al sur de Rabat y perteneciente al Instituto Nacional de investigación Agronómica, El Fadili *et al.* (1999), analizando los datos de 522 corderos de la raza Timahdit en Marruecos, la cual es la raza más importante de este país, con un 17% de la población total, y utilizando un modelo lineal mixto observaron que la heredabilidad materna para peso al nacimiento fue de 0.59.

En Estados Unidos de América, Hanford *et al.* (2002), utilizando información de corderos Columbia generada de 1950 a 1998 (n= 24,741) en una estación experimental ovina en Dubois, ajustando un modelo animal bivariado y aplicando procedimientos de máxima verosimilitud restringida (REML), encontraron que el estimador de heredabilidad materna para peso al nacimiento tuvo un valor de 0.25.

Además, concluyeron que los efectos genéticos maternos para peso al nacimiento en la raza Columbia fueron tan importantes como los efectos genéticos directos, contrario a lo reportado por Nasholm y Danell (1996), ya que el estimador de la heredabilidad directa fue similar al de la heredabilidad materna.

En un trabajo relativamente reciente efectuado en Estados Unidos de América, Hanford *et al.* (2003), con 33,994 registros de corderos Targhee generados de 1950 a 1998 y ajustando un modelo animal bivarido, hallaron que el estimador de heredabilidad materna para peso al nacimiento tuvo un valor de 0.20.

En una investigación más reciente, realizada en Estados Unidos de América, Borg *et al.* (2009), utilizando 12,154 registros de corderos Targhee generados de 1960 a 2005, el estimador de heredabilidad materna para peso al nacimiento tuvo un valor bajo, de 0.15, por lo tanto, el progreso genético para peso al nacimiento sería lento.

En un estudio realizado en Etiopia, donde la ganadería representa una fuente importante de ingresos y empleo para más del 85% de la población que habita en las zonas rurales; en donde las ovejas se utilizan generalmente para doble propósito (carne de cordero y producción de lana) y proporcionar ingresos adicionales a los pequeños agricultores, Hassen *et al.* (2003) evaluaron 6,437 registros utilizando la raza ovina Awassi y una raza ovina local, con datos recolectados de 1987 a 1998 para estimar la heredabilidad materna con un modelo animal para dos características (peso al nacimiento con peso al destete o ganancia diaria de peso predestete), resultando que esta característica de crecimiento tuvo un valor bajo (0.13).

En un trabajo recientemente desarrollado en Estados Unidos de América, (Hanford *et al.*, 2006) con 11,896 registros recolectados de 1978 a 1998 de la raza Polypay, la cual es una raza desarrollada a principios de los años 70's, en una estación experimental ovina en Dubois, Idaho, se encontró que la heredabilidad materna para peso al nacimiento fue de 20% utilizando un modelo animal que incluyó el efecto genético

aditivo directo, el efecto genético aditivo materno y el efecto ambiental permanente de la madre.

3.1.3. Correlación entre efectos directos y maternos

En una investigación efectuada en Estados Unidos de América (datos tomados de 1960 a 1981) con las razas ovinas Rambouillet, Targhee y Columbia, Burfening y Kress (1992) encontraron que los estimadores de la correlación genética entre efectos directos y maternos para peso al nacimiento fueron muy variables, fluctuando de -0.18 a -0.74.

Con datos de corderos de la raza Hampshire (n=6,395) y Polled Dorset (n=29,204) obtenidos de 1977 a 1991, y datos de corderos de la raza Romanov (n=3,432) obtenidos de 1982 a 1991, Tosh y Kemp (1994), investigadores de la Universidad de Guelph en Ontario, Canadá, utilizando un modelo animal simple, también hallaron que los estimadores de las correlaciones genéticas entre efectos directos y maternos fueron muy variables, aunque todos negativos, siendo para Hampshire de -0.56, para Polled Dorset de -0.35 y para Romanov de -0.13.

En contraste con los dos estudios mencionados previamente, Nasholm y Danell (1996), de la Universidad de Ciencias Agrícolas en Uppsala, Suecia, utilizando 5,001 registros de un rebaño experimental de la raza Finewool Sueca y ajustando un modelo animal univariado, reportaron que el estimador de la correlación genética entre efectos directos y maternos para el peso al nacimiento fue positivo (0.11).

En un trabajo efectuado en Marruecos con 522 registros de corderos de la raza Timahdit nacidos de 1992 a 1997 en la estación experimental "El Koudia", El Fadili *et al.* (1999), utilizando un modelo lineal mixto, observaron que el estimador de la correlación genética entre efectos directos y maternos para peso al nacimiento fue de -1.0.

Por su parte, Mousa *et al.* (1999), utilizando 9,055 registros de corderos de una raza sintética producida a partir de cruzamientos entre sementales de la raza Columbia y hembras Hampshire x Suffolk en el centro de investigación animal Roman L. Hruska de Estados Unidos de América, reportaron que el estimador de la correlación genética entre efectos directos y maternos para peso al nacer fue de 0.01, el cual contrasta fuertemente con el estimador reportado por El Fadili *et al.* (1999).

Este último estimador de la correlación indica que la selección basada en efectos directos no causaría una respuesta correlacionada en los efectos maternos, o viceversa. En una investigación realizada con ganado ovino de la raza Columbia (24,741 datos colectados de 1950 a 1998) en la estación experimental ovina de los Estados Unidos de América (USSES), Hanford *et al.* (2002), ajustando un modelo animal univariado, estimaron una correlación genética entre efectos directos y maternos para el peso al nacimiento cercana a cero (-0.05), resultado que concuerda con el obtenido por Mousa *et al.* (1999).

En un trabajo relativamente reciente realizado Estados Unidos de América, Hanford *et al.* (2003), utilizando información de corderos de la raza Targhee recolectada de 1950 a 1998 (n=33,994 registros) y ajustando un modelo animal univariado, encontraron que el estimador de la correlación genética entre efectos directos y maternos para peso al nacimiento fue de 0.09.

En un trabajo realizado en la estación experimental ovina Debre Berhan (Etiopia), investigadores etíopes y austriacos (Hassen *et al.*, 2003), al analizar datos de la raza Awassi y una raza local, colectados de 1987 a 1998, encontraron que existe un antagonismo significativo (-0.48) entre efectos directos y maternos para peso al nacimiento, por lo que concluyeron que el progreso genético sería difícil de alcanzar, ya que el incremento de un componente resultaría en la disminución del otro.

En investigación relativamente reciente realizada en los Estados Unidos de Norteamérica (Hanford *et al.*, 2006) tomando un total de (n= 11,896) registros durante los años de 1978 a 1998 en ovinos Polypay; la cual es una raza desarrollada en los Estados Unidos en la estación experimental (USSES), Dubois, Idaho, durante la década de los 70's con el objetivo de desarrollar un gran potencial para el crecimiento, calidad de la canal y capacidad reproductiva se encontró que la correlación entre la heredabilidad directa y la heredabilidad materna para el peso al nacimiento fue positiva de 0.19 ± 0.11 .

3.2 Peso al destete

3.2.1. Heredabilidad directa

En la evaluación genética de un rebaño núcleo de corderos Romanov, con 2,086 registros recolectados de 1987 a 1990 y ubicado en la población de Talavera de la Reina, España, María *et al.* (1993), después de utilizar Máxima Verosimilitud Restringida y un modelo animal, determinaron que la heredabilidad directa para peso al destete fue moderada (0.34), de lo que se puede concluir que la selección para incrementar el peso al destete de la raza Romanov en España puede ser bastante efectiva.

Un año más tarde, en ese mismo país, en la localidad de La Dehesa de Castilseras, Jurado *et al.* (1994), analizando 5,136 registros de corderos de la raza Merino Español, generados durante un periodo de cinco años (1984-1989), encontraron que el estimador de heredabilidad directa para peso al destete fue muy bajo (0.09), indicando que la respuesta a la selección para esta característica sería muy lenta, en contraste con lo que sugiere el estudio de María *et al.* (1993).

Tosh y Kemp (1994), a partir de un estudio realizado en Canadá, con 6,395 datos de corderos de la raza Hampshire y 29,204 datos de corderos de la raza Polled Dorset nacidos de 1977 a 1991 y con 3,432 datos de corderos de la raza Romanov nacidos de

1982 a 1991, utilizando un modelo animal simple para una característica y el procedimiento de Máxima Verosimilitud Restringida, reportaron que la heredabilidad directa para peso al destete fue de 0.16, 0.21 y 0.05 para las razas Hampshire, Polled Dorset y Romanov, respectivamente, lo que indica que la respuesta de las diferentes razas sería diferente al ser sometidas a un programa de selección.

En un estudio realizado en Sudáfrica cuyo objetivo fue investigar la efectividad de tres diferentes estrategias de selección para incrementar el peso al destete de corderos Dorper, Naser *et al.* (1995) encontraron que la heredabilidad directa de dicha característica varió de baja (0.11) a moderada (0.30), sugiriendo que la heredabilidad de los efectos directos no sólo depende de la raza, como lo demuestra el estudio de Tosh y Kemp (1994), sino también del método de selección.

En una investigación realizada en el centro de investigación Debre Berhan en Etiopía, Hassen *et al.* (2003), después de evaluar datos de corderos nacidos de 1987 a 1998 mediante análisis bivariados, reportaron que la heredabilidad directa para peso al destete de corderos cruzados de Awasi con una raza local fue de 0.33, concluyendo que dicho estimador de heredabilidad se encontró dentro del intervalo de valores reportados en la literatura científica y corroborando que es posible obtener progreso genético a través de selección.

En una investigación realizada en los Estados Unidos de América, en la estación experimental de ovinos de Dubois, con el objetivo de examinar el efecto de la edad de la borrega sobre la heredabilidad directa de peso al destete de sus crías, Okut *et al.* (1999), con datos de corderos de las razas Columbia (n=7,731), Rambouillet (n=9,518), Polypay (n=9,512) y Targhee (n=9,201), ajustados con un modelo animal trivariado, encontraron que la heredabilidad directa para peso al destete fue de 0.34 para corderos de borregas jóvenes (1 año de edad), de 0.20 para corderos de borregas de mediana edad (2 a 3 años de edad) y de 0.16 para corderos de borregas de avanzada edad (4

años de edad o más), por lo que concluyeron que la expresión genética del peso al destete de corderos depende de la edad de la madre.

Adicionalmente, estos autores concluyeron que la correlación genética entre expresiones del mismo genotipo con diferentes edades de las madres sugiere que las mediciones de peso al destete en corderos de madres jóvenes y las correspondientes en corderos de madres de edad media o avanzada deben ser consideradas características diferentes al ser evaluadas genéticamente.

Shaat *et al.* (2004) al analizar 10,241 registros de corderos de la raza Rahmani y 6,365 de la raza Ossimi, generados en un periodo de 29 años (1970-1999), con un modelo animal multivariado, obtuvieron un estimador de heredabilidad directa para peso al destete con un valor de 0.18 para corderos Rahmani y de 0.67 para corderos de la raza Ossimi. Sin embargo, es muy probable que estos estimadores de heredabilidad hayan sido sobreestimados, ya que el modelo animal para analizar el peso al destete sólo incluyó el efecto genético directo como único efecto aleatorio, sin considerar efectos maternos, tanto genéticos como ambientales permanentes.

En una investigación reciente realizada con datos ($n=2,182$) de corderos de la raza Kermani, un grupo de investigadores iraníes (Rashidi *et al.*, 2007) compararon seis modelos animal que consistieron en diferentes combinaciones de efectos directos y maternos (genético y ambiental permanente), encontrando que la magnitud de la heredabilidad directa para peso al destete dependió del modelo utilizado.

Cuando el modelo incluyó sólo el efecto genético directo, el estimador de la heredabilidad directa fue de 0.38. Por el contrario, cuando el modelo incluyó el efecto genético directo más el efecto ambiental permanente, el estimador de heredabilidad directa fue de 0.27, concluyendo que la heredabilidad directa es sobreestimada cuando no se incluye en el modelo el efecto del ambiente permanente.

3.2.2. Heredabilidad materna

En España, Maria *et al.* (1993) examinando características de crecimiento de 2,086 corderos de la raza Romanov, utilizando un modelo animal y aplicando el procedimiento de Máxima Verosimilitud Restringida, con el objetivo de estimar componentes de varianza y parámetros genéticos, encontraron que los efectos maternos para peso al destete fueron importantes, ya que el estimador de heredabilidad materna para dicha característica fue moderado (0.25).

Tosh y Kemp (1994) examinando registros de corderos Hampshire (n=6,395) y Polled Dorset (n=29,204) recolectados entre los años 1977 y 1991, y registros de corderos de la raza Romanov (n=3,432) recolectados de 1982 a 1991, en el Programa de Evaluación Genética de la oveja canadiense, cuyo objetivo fue calcular parámetros genéticos utilizando un modelo animal, reportaron que la heredabilidad materna fue de 0.14, 0.19 y 0.06 para las razas Hampshire, Polled Dorset y Romanov, respectivamente, concluyendo que los efectos maternos para peso al destete dependen de la raza, ya que dichos efectos fueron mayores en la raza Polled Dorset que en la Romanov.

Además de las diferencias en heredabilidad materna entre razas, se ha reportado que la magnitud de la heredabilidad materna también depende del tipo de selección aplicado. Naser *et al.* (1995), en un estudio realizado en Sudáfrica con corderos Dorper, en condiciones naturales de manejo, encontraron que la selección basada únicamente en el peso al destete redujo más la heredabilidad materna que la selección basada en estándares raciales o aquella basada en el peso al destete en combinación con el desempeño en confinamiento (0.07 vs 0.20 y 0.14), lo que indica que el primer método mencionado fue más efectivo para incrementar el peso al destete bajo condiciones naturales de manejo.

Analla y Serradilla (1998), en un estudio realizado con 4,425 registros de corderos de la raza Merino Español, tomados de 1987 a 1995 a partir de un rebaño experimental del “Centro de Selección de Ganado Merino”, en la localidad de Hinojosa del Duque en la provincia de Córdoba (sur de España), encontraron que los estimadores de heredabilidad materna para peso a los 60 días de edad obtenidos con análisis univariados o bivariados fueron similares (0.16 y 0.17, respectivamente).

En una raza sintética desarrollada en Estados Unidos de América a partir de machos de la raza Columbia y hembras cruzadas Hampshire x Suffolk, Mousa *et al.* (1999) hallaron que la heredabilidad materna para peso al destete (0.09), así como la heredabilidad directa, fueron de muy baja magnitud. Este resultado indica que en dicha raza sintética los efectos ambientales, tanto aleatorios (e.g., efecto del ambiente permanente) como fijos (e.g., año, época) son más importantes que los efectos genéticos en la determinación del peso al destete, por lo que programas de manejo con uso de alta tecnología serían más efectivos para incrementar el peso al destete materno en esta raza sintética que programas de selección.

Los resultados obtenidos por Mousa *et al.* (1999) concuerdan con los obtenidos por Hanford *et al.* (2006) en ese mismo país, pero con la raza Polypay, ya que el estimador de heredabilidad materna obtenido por estos autores también fue cercano a cero (0.07).

En Etiopia, Abegaz *et al.* (2005) evaluaron 4,031 datos de corderos de la raza Horro recolectados en el Centro de Investigación Bako entre los años 1978 y 1997, con el objetivo de estimar componentes de varianza con un modelo animal univariado y usando el programa ASREML, reportando que la heredabilidad materna para peso al destete fue de 0.15, de lo que se desprende que la selección para incrementar el peso al destete materno puede ser una alternativa viable de mejora, sin embargo, debido a que la heredabilidad materna es baja, el progreso genético podría ser lento.

3.2.3. Correlación entre efectos directos y maternos

En estudio realizado en Sudáfrica (Snyman *et al.*, 1996) con datos obtenidos durante veintiún años (1962-1983) en un rebaño de ovinos de la raza Merino bajo un manejo extensivo en zonas áridas, se encontró que los efectos directos y maternos para peso al destete a los 120 días de edad estuvieron moderada y positivamente correlacionados (0.57), indicando que la selección de corderos con mayor potencial para crecimiento mejoraría en consecuencia la habilidad materna (principalmente la producción de leche) de las borregas.

Por el contrario, en Canadá, Tosh y Kemp (1994) con datos de ovinos Hampshire (n= 6,395), Polled Dorset (n= 29,204) y Romanov (n=3,432) recolectados de 1977 a 1991 para las primeras dos razas y de 1982 a 1991 para la raza Romanov, hallaron que la correlación genética entre efectos directos y maternos fue moderadamente negativa para peso a los 50 días de edad, siendo de -0.57 para Hampshire, -0.42 para Polled Dorset y de -0.39 para Romanov. Estos valores de la correlación sugieren que la selección para incrementar el crecimiento de los corderos disminuiría la producción de leche de las borregas.

Analizando 9,055 datos de corderos cruzados hijos de sementales de la raza Columbia y borregas cruzadas Hampshire x Suffolk, recolectados de 1983 a 1995, Mousa *et al.*, (1999), en una investigación efectuada en el Centro de Investigación Animal en los Estados Unidos de América y ajustando un modelo animal con el procedimiento de Máxima Verosimilitud Restringida (de las siglas en inglés REML), encontraron que la correlación entre efectos genéticos directos y maternos para peso al destete fue moderadamente negativa (-0.39), en concordancia con lo encontrado cinco años antes por Tosh y Kemp (1994) en Canadá.

En una investigación generada en Brasil para evaluar tres genotipos de ovinos de pelo diferentes: Morada Nova, Santa Inés y una cruce de Texel x Morada Nova, Quesada *et*

al. (2002) después de analizar 1,312 registros recolectados durante 1986 a 1999, utilizando un modelo animal univariado, encontraron que la correlación entre efectos genéticos directos y maternos para peso al destete a los 120 días de edad fue de 0.64, concluyendo que la selección directa sobre peso al destete mejoraría paralelamente la habilidad materna de las borregas.

Por su parte, Hassen *et al.* (2003), en Etiopía, obtuvieron una correlación de -0.57 entre efectos genéticos directos y maternos al analizar 4,642 registros de siete diferentes genotipos de corderos, incluyendo la raza Awassi y sus cruza. Desafortunadamente, con una correlación moderadamente negativa, la mejora genética de uno de los dos componentes que determinan el peso al destete, tasa de crecimiento, por ejemplo, se traduciría en un retraso o disminución del otro componente, producción de leche de la madre, o viceversa.

Hanford *et al.* (2006), en un estudio realizado en Estados Unidos de América, encontraron que la correlación entre efectos genéticos directos y maternos para peso al destete fue positiva y cercana a cero (0.06), lo que indica que la selección para aumentar los pesos al destete de los corderos no causaría una respuesta correlacionada (ni aumento, ni disminución) en la habilidad materna de las borregas.

La variación encontrada en la correlación genética entre efectos directos y maternos se puede deber a diferencias en raza o estructura de la información analizada (Hagger, 1998).

3.3 Conclusiones e implicaciones

A partir de los trabajos revisados, se concluye que las heredabilidades directa y materna, así como la correlación genética entre efectos directos y maternos para peso al nacimiento y peso al destete presentan una gran variabilidad. La heredabilidad directa para peso al nacimiento varió de 0.04 a 0.39, mientras que la heredabilidad

materna varió de 0.13 a 0.59. Para peso al destete, la heredabilidad directa fue de 0.05 a 0.67, mientras que la materna varió de 0.06 a 0.25. La gran variabilidad encontrada en los estimadores de parámetros genéticos se pudo deber a diferencias en el número de registros analizados, efectos incluidos en el modelo estadístico, tipo de análisis (univariado vs bivariado), raza, manejo de los animales y ambiente.

El promedio de los estimadores de heredabilidad directa y heredabilidad materna encontrados en la literatura fueron: 0.20 y 0.25, y 0.25 y 0.14, para peso al nacimiento y peso al destete, respectivamente. Estos valores de heredabilidad indican que, para peso al nacimiento, los efectos genéticos maternos tendieron a ser más heredables que los efectos genéticos directos. Por el contrario, para peso al destete, se observó que los efectos genéticos directos fueron más heredables que los efectos genéticos maternos. Sin embargo, existe suficiente variación genética para que estas características de crecimiento puedan ser mejoradas a través de programas de selección.

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Datos

Se utilizaron los registros productivos y de pedigrí de corderos Pelibuey y Blackbelly producidos de 2004 a 2010. La información fue proporcionada por la Asociación Mexicana de Criadores de Ovinos (AMCO). Sólo se consideraron los pesos al nacimiento de corderos nacidos vivos y que sobrevivieron hasta el destete. Los registros individuales de peso al destete fueron ajustados a 75 días de edad (P75), usando la siguiente fórmula:

$$P75 = \frac{(\text{peso al destete} - \text{peso al nacimiento})}{\text{edad en días al destete}} \times 75 + \text{peso al nacimiento}.$$

4.2 Estimación

Los componentes de varianza y los parámetros genéticos fueron estimados con un modelo animal y Máxima Verosimilitud Restringida Libre de Derivadas, utilizando el programa MTDFREML (Boldman *et al.*, 1995). Los análisis se realizaron de manera independiente para cada característica dentro de raza. El modelo animal utilizado varió dependiendo de la característica, ya que algunos efectos genéticos no fueron estimables.

4.3 Modelos estadísticos

El modelo animal para peso al nacimiento tanto en Pelibuey como en Blackbelly (Modelo 1), incluyó el efecto genético aditivo directo, el efecto genético aditivo materno y el efecto del ambiente permanente de la madre, pero no incluyó la covarianza entre los efectos genéticos directo y materno. Para Blackbelly, el modelo animal para peso ajustado a 75 días de edad (Modelo 2) incluyó el efecto genético aditivo directo, el

efecto genético aditivo materno, y la covarianza entre los efectos genéticos directo y materno, pero no incluyó el efecto del ambiente permanente de la madre.

Para Pelibuey, el modelo animal para peso ajustado a 75 días de edad (Modelo 3) incluyó el efecto genético aditivo directo, el efecto genético aditivo materno, la covarianza entre los efectos genéticos directo y materno, y el efecto del ambiente permanente de la madre. Como efectos fijos, todos los modelos animal incluyeron el sexo del cordero, el tipo de parto o destete (simple, doble, triple, cuádruple), el grupo contemporáneo, y la edad de la madre al parto como covariable lineal.

Los grupos contemporáneos se formaron agrupando animales que nacieron o fueron destetados en el mismo año, época del año y rebaño. Los grupos contemporáneos con menos de cinco corderos fueron eliminados de la base de datos. Tosh y Kemp (1994) demostraron que la varianza del error de predicción se minimiza cuando se excluyen los registros de grupos contemporáneos con menos de cinco corderos. Las épocas del año fueron: época 1 - enero a marzo; época 2 - abril a junio; época 3 - julio a septiembre; y época 4 - octubre a diciembre.

4.4 Valores preliminares, convergencia y errores estándar

Los valores de inicio de la varianza genética aditiva, la varianza del ambiente permanente y la varianza del ambiente temporal, que se usaron en la estimación de los componentes de varianza del presente trabajo, estuvieron basados en valores disponibles en la literatura científica. Se asumió que la convergencia se obtuvo cuando la varianza de los valores de menos dos veces el logaritmo de la verosimilitud en el simplex fue menor que 10^{-9} .

Después de que el programa convergió por primera vez, se realizaron varios reinicios para verificar que la convergencia no se efectuó en un local mínimo, sino en un global máximo. El global máximo se alcanzó cuando dos o más reinicios convergieron en el

mismo valor F. Las soluciones de los efectos aleatorios se obtuvieron del último ciclo de iteraciones en el que se alcanzó el global máximo.

Los estimadores de heredabilidad fueron calculados a partir de los estimadores de los componentes de varianza. La heredabilidad se calculó como la proporción de la varianza fenotípica debida a la varianza genética aditiva. Los errores estándar de los estimadores de heredabilidad fueron aproximados y se calcularon usando la matriz de información promedio (Johnson y Thompson, 1995) y el Método Delta (Dodenhoff *et al.*, 1998).

4.5 Modelos en notación matricial

En notación matricial los modelos pueden describirse de la siguiente manera:

$$\text{Modelo 1: } y = X\beta + Z_a a + Z_m m + Z_p p + e \quad \text{con cov}(a,m) = 0$$

$$\text{Modelo 2: } y = X\beta + Z_a a + Z_m m + e \quad \text{con cov}(a,m) = A\sigma_{am}$$

$$\text{Modelo 3: } y = X\beta + Z_a a + Z_m m + Z_p p + e \quad \text{con cov}(a,m) = A\sigma_{am}$$

Donde:

y = es el vector de registros de peso al nacimiento o de peso al destete.

β = es un vector de efectos fijos (sexo del cordero, tipo de parto, grupo contemporáneo y edad de la borrega).

a = es un vector desconocido de efectos aleatorios genéticos aditivos directos.

m = es un vector desconocido de efectos aleatorios genéticos aditivos maternos.

$p=$ es un vector desconocido de efectos aleatorios del ambiente materno permanente

$e=$ es un vector desconocido de efectos aleatorios del ambiente temporal.

X , Z_a , Z_m y Z_p son matrices conocidas de incidencia que relacionan los registros con β , a , m y p , respectivamente.

Se asumió que los efectos genético aditivo directo, genético aditivo materno, ambiental permanente de la madre y residual se distribuyeron normalmente con media 0 y estructura de varianzas y covarianzas que dependió de las suposiciones de cada modelo. La matriz de varianzas y covarianzas para los efectos aleatorios del modelo animal fue:

$$V \begin{bmatrix} a \\ m \\ p \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_a^2 & A\sigma_{am} & 0 & 0 \\ A\sigma_{am} & A\sigma_m^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I_{N_d}\sigma_p^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I_N\sigma_e^2 \end{bmatrix}$$

Donde:

A es la matriz de Wright de parentescos aditivos entre todos los animales en el pedigrí,

σ_a^2 es la varianza genética aditiva directa,

σ_m^2 es la varianza genética aditiva materna,

σ_{am} es la covarianza genética entre efectos directos y maternos,

σ_p^2 es la varianza del ambiente materno permanente,

σ_e^2 es la varianza del ambiente temporal o varianza residual,

I_{N_d} es una matriz identidad de tamaño igual al número de madres y

I_N es una matriz identidad de tamaño igual al número total de observaciones.

4.6 Estimadores de parámetros genéticos

Se obtuvieron estimadores para la varianza fenotípica ($\sigma_p^2 = \sigma_a^2 + \sigma_m^2 + \sigma_{am} + \sigma_{pe}^2 + \sigma_e^2$), heredabilidad para efectos genéticos aditivos directos ($h_a^2 = \sigma_a^2 / \sigma_p^2$), heredabilidad para efectos genéticos aditivos maternos ($h_m^2 = \sigma_m^2 / \sigma_p^2$), correlación entre efectos genéticos aditivos directos y maternos ($r_{am} = \sigma_{am} / (\sigma_a^2 \sigma_m^2)^{1/2}$), fracción de la varianza fenotípica debida a efectos del ambiente materno permanente ($c^2 = \sigma_{pe}^2 / \sigma_p^2$), y varianza residual como proporción de la varianza fenotípica ($e^2 = \sigma_e^2 / \sigma_p^2$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se muestran las estadísticas descriptivas y la estructura de la información analizada. El número de registros (observaciones) analizados en la raza Pelibuey fue aproximadamente dos veces mayor que en la raza Blackbelly. Las medias de peso al nacimiento y peso al destete ajustado a 75 días de edad fueron de alrededor de 3 y 18 kg en ambas razas, respectivamente.

Se utilizaron un total de 285 sementales Pelibuey y 114 sementales Blackbelly para producir los corderos evaluados en el presente estudio, mientras que el número de borregas progenitoras fue de 2,910 y 1,196 en las razas Pelibuey y Blackbelly, respectivamente. El número de rebaños donde se produjeron los corderos fue de 87 para Pelibuey y de 52 para Blackbelly. Dentro de raza, el número de animales en el pedigrí fue el mismo para ambas características, siendo este de 8,276 y 3,890, respectivamente.

En el Cuadro 3 se presentan los estimadores de componentes de varianza para las características de crecimiento analizadas. Para peso al nacimiento en la raza Pelibuey, la varianza genética aditiva materna fue aproximadamente dos veces mayor que la varianza genética aditiva directa.

Sin embargo, el componente más importante en la determinación del peso al nacimiento fue el efecto del ambiente materno permanente, ya que la varianza de dicho efecto fue de 0.025 kg^2 , mientras que las varianzas genéticas aditivas directa y materna fueron de aproximadamente 0.002 y 0.004 kg^2 . Por el contrario, para peso al destete ajustado a 75 días de edad en la raza Pelibuey, la varianza genética aditiva directa fue mayor que la varianza genética aditiva materna (2.0 vs 1.4 kg^2 , respectivamente).

Además, la varianza del ambiente materno permanente (0.90 kg^2) fue menor que las varianzas genéticas aditivas directa y materna. Sin embargo, es importante mencionar

que el peso al nacimiento y el peso al destete fueron analizados con diferentes modelos, ya que el modelo para analizar el peso al nacimiento no incluyó la covarianza genética entre efectos directos y maternos.

Cuadro 2. Estadísticas descriptivas y estructura de la información para peso al nacimiento (PN) y peso al destete ajustado a 75 días de edad (P75) de corderos Pelibuey y Blackbelly.

	Pelibuey		Blackbelly	
	PN	P75	PN	P75
<i>Estadísticas descriptivas</i>				
Número de observaciones	5,579	4,418	2,791	2,226
Media	3.05	17.99	2.97	17.09
Valor mínimo	1.10	7.24	1.2	7.70
Valor máximo	5.50	31.16	4.9	29.47
Desviación estándar	0.63	3.70	0.59	3.32
Coeficiente de variación, %	20.77	20.57	19.83	19.45
<i>Estructura de la información</i>				
Número de sementales	285	267	114	112
Número de madres	2,910	2,482	1,196	1,088
Número de animales en el pedigrí	8,276	8,276	3,890	3,890
Número de rebaños	87	83	52	52
Número de grupos contemporáneos	276	264	148	147

Para peso al nacimiento en la raza Blackbelly, también la varianza genética aditiva materna fue aproximadamente dos veces mayor que la varianza genética aditiva directa (0.011 vs 0.024 kg²), así como sucedió para peso al nacimiento en la raza Pelibuey. Sin embargo, la varianza del ambiente materno permanente fue menor que dichas varianzas, contrario a lo que sucedió para peso al nacimiento en la raza Pelibuey.

A pesar de que fueron estimadas con diferentes modelos, las varianzas genéticas aditivas directa y materna para peso al destete ajustado a 75 días de edad en la raza Blackbelly, fueron similares a las varianzas genéticas aditivas directa y materna para peso al destete ajustado a 75 días de edad en la raza Pelibuey.

Cuadro 3. Estimadores de componentes de varianza para peso al nacimiento (PN) y peso al destete ajustado a 75 días de edad (P75) de corderos Pelibuey y Blackbelly.

	Componente de varianza ^a					
	σ_a^2	σ_m^2	σ_{am}	σ_{pe}^2	σ_e^2	σ_p^2
Pelibuey						
PN	0.00189	0.00441	-	0.025487	0.21076	0.24254
P75	2.03485	1.40724	-1.23509	0.903515	3.52295	6.63346
Blackbelly						
PN	0.01125	0.02432	-	0.008095	0.16499	0.20865
P75	2.20411	1.48457	-1.19777	-	2.87047	5.36137

^a σ_a^2 es la varianza genética aditiva directa; σ_m^2 es la varianza genética aditiva materna; σ_{am} es la covarianza entre efectos genéticos directos y maternos; σ_{pe}^2 es la varianza del ambiente materno permanente; σ_e^2 es la varianza del error; σ_p^2 es la varianza fenotípica.

Tanto en la raza Pelibuey como en la Blackbelly, las covarianzas genéticas entre efectos directos y maternos para peso al destete ajustado a 75 días de edad fueron negativas, lo que indica que el crecimiento de las crías es antagónico a la producción de leche de las madres; esto significa que si seleccionamos para mayor crecimiento, demeritaríamos la producción de leche (habilidad materna) de las borregas en ambas razas (Van Vleck *et al.*, 1977).

Las varianzas fenotípicas para peso al nacimiento fueron similares, con valores de 0.24 y 0.21 kg² para Pelibuey y Blackbelly, respectivamente. Las varianzas fenotípicas para peso al destete ajustado a 75 días de edad fueron un poco diferentes (6.63 vs 5.36 kg²), lo que pudo haberse debido (al menos parcialmente) a diferencias en los modelos utilizados, ya que en la raza Blackbelly el modelo no incluyó el efecto del ambiente materno permanente.

Los estimadores de los parámetros genéticos (heredabilidad directa, heredabilidad materna, correlación genética entre efectos directos y maternos, y varianza del ambiente materno permanente como proporción de la varianza fenotípica) para las características de crecimiento evaluadas en Pelibuey y Blackbelly se muestran el Cuadro 4.

6.1 Peso al nacimiento

6.1.1. Heredabilidad directa

Los estimadores de heredabilidad directa para peso al nacimiento fueron cercanos a cero en ambas razas (0.01 y 0.05 para Pelibuey y Blackbelly, respectivamente). Los estimadores de heredabilidad directa obtenidos en la presente investigación son similares a los obtenidos en algunos trabajos, pero diferentes a los reportados en otros, ya que la variabilidad de los estimadores de heredabilidad directa para peso al nacimiento encontrada en la literatura científica es muy grande.

Por ejemplo, Maria *et al.* (1993) con Romanov, Analla y Sedarrilla (1998) con Merino, Cloete *et al.* (1998) con Dohne Merino, Tosh y Kemp (1994) con Romanov, Pitono y James (1995) con una raza tropical, Boujenane y Kansari (2002) con Timahdite, y Simm *et al.* (2002) con Suffolk, reportaron heredabilidades directas similares a las del presente estudio, con valores de 0.05, 0.04, 0.04, 0.07, 0.03, 0.05 y 0.05,

respectivamente, las cuales indican que la respuesta directa a la selección del peso al nacimiento sería lenta en un programa de mejoramiento.

Cuadro 4. Estimadores de parámetros genéticos y sus errores estándar para peso al nacimiento (PN) y peso al destete ajustado a 75 días de edad (P75) de corderos Pelibuey y Blackbelly.

	Parámetro genético ^a					
	h_a^2	h_m^2	r_{am}	c^2	e^2	
Pelibuey						
PN	0.01	± 0.02	± -	0.11	± 0.87	±
	0.021	0.040		0.043	0.024	
P75	0.31	± 0.21	± -0.73	± 0.14	± 0.53	±
	0.074	0.119	0.556	0.074	0.055	
Blackbelly						
PN	0.05	± 0.12	± -	0.04	± 0.79	±
	0.042	0.054		0.054	0.038	
P75	0.41	± 0.28	± -0.66	± -	0.54	±
	0.146	0.121	0.640		0.106	

^a h_a^2 es la heredabilidad directa; h_m^2 es la heredabilidad materna; r_{am} es la correlación genética entre efectos directos y maternos; c^2 es la varianza del ambiente materno permanente como proporción de la varianza fenotípica; e^2 es la varianza residual como proporción de la varianza fenotípica.

Por el contrario, los estimadores de heredabilidad directa (0.32, 0.29, 0.35, 0.41, 0.32, 0.27, 0.39) reportados para las razas Merino, Segureña, Corriedale, Columbia y Hampshire por Lewer *et al.* (1994), Vaez Torshizi *et al.* (1996), Wuliji *et al.* (2001), Analla *et al.* (1997), Jara *et al.* (1998), Hanford *et al.* (2002) y Tosh y Kemp (1994) fueron mayores (de medianos a moderados) que los obtenidos en el presente estudio,

indicando que el progreso genético para peso al nacimiento sería más factible y acelerado.

Al igual que en el presente trabajo, otros autores (e.g., Al-Shorepy y Notter, 1998; Naser *et al.*, 2001; Cloete *et al.*, 2002; Tosh y Kemp, 1994; Yazdi *et al.*, 1997; Mousa *et al.*, 1999) han encontrado en diferentes razas ovinas (sintética, Dorper, Merino, Polled Dorset, Baluchi) que el peso al nacimiento es una característica escasamente heredable; sin embargo, sus estimadores no fueron tan cercanos a cero (0.12, 0.11, 0.11, 0.12, 0.14, 0.09).

6.1.2. Heredabilidad materna

El estimador de heredabilidad materna para peso al nacimiento en la raza Blackbelly fue mayor que el estimador de heredabilidad materna para peso al nacimiento en la raza Pelibuey (0.12 vs 0.02); sin embargo, ambos estimadores de heredabilidad fueron bajos, indicando que los efectos genéticos aditivos maternos para peso al nacimiento son poco heredables.

Los valores de heredabilidad materna obtenidos en el presente estudio son similares a los reportados (0.07, 0.10, 0.13, 0.09, 0.10, 0.05, 0.12) para las razas Baluchi (Yazdi *et al.*, 1997), Dohne Merino (Cloete *et al.*, 1998), Romanov (Tosh y Kemp, 1994), Afrino (Snyman *et al.*, 1995), Dorper (Naser *et al.*, 2001), Timahdite (Boujenane y Kansari, 2002) y Sabi (Matika *et al.*, 2003).

Otros autores, por el contrario, encontraron que los efectos genéticos maternos para peso al nacimiento fueron moderadamente heredables (0.43, 0.30, 0.42, 0.31, 0.35, 0.29) en las razas Dormer (van Wyk *et al.*, 1993), Sueca de lana fina (Nasholm y Danell, 1996), Dala (Larsgard y Olesen, 1998), Polled Dorset (Tosh y Kemp, 1994) y Suffolk (Maniatis y Pollott, 2002; Simm *et al.*, 2002).

6.1.3 Porción de la varianza fenotípica debida a efectos del ambiente materno permanente

Para peso al nacimiento en Pelibuey, la varianza del ambiente materno permanente como proporción de la varianza fenotípica fue 10 veces mayor que las heredabilidades directa y materna (11 vs 1 y 2%). En concordancia con este resultado, Al-Shorepy y Notter (1998), al analizar el peso al nacimiento de una raza ovina sintética, también hallaron que la varianza del ambiente materno permanente como proporción de la varianza fenotípica fue mayor que las heredabilidades directa y materna (0.31 vs 0.12 y 0.07). Por el contrario, Duguma *et al.* (2002), en un estudio realizado con la raza Merino, encontraron que la varianza del ambiente materno permanente como proporción de la varianza fenotípica fue aproximadamente dos veces menor que las heredabilidades directa y materna (0.10 vs 0.19 y 0.25). Por su parte, otros autores (e.g., Vaez Torshizi *et al.*, 1996) han encontrado que los efectos del ambiente materno permanente no influyen sobre el peso al nacimiento.

Para peso al nacimiento en Blackbelly, la varianza del ambiente materno permanente como proporción de la varianza fenotípica y la heredabilidad directa fueron similares (4 vs 5%, respectivamente), contrario a lo que sucedió para peso al nacimiento en la raza Pelibuey. Por otro lado, la heredabilidad materna para peso al nacimiento en Blackbelly, la cual fue del 12% como se indicó previamente, fue mayor que la heredabilidad directa y la varianza del ambiente materno permanente como proporción de la varianza fenotípica.

6.2 Peso al destete ajustado a 75 días de edad

6.2.1. Heredabilidad directa

Los efectos genéticos aditivos directos para peso al destete ajustado a 75 días de edad fueron moderadamente heredables en las razas Pelibuey (31%) y Blackbelly (41%),

indicando que la selección de progenitores sobresalientes con base en sus diferencias esperadas en la progenie (valores genéticos) permitiría aumentar los pesos al destete. Los valores de heredabilidad directa obtenidos en el presente trabajo son comparables a los reportados (0.34, 0.34, 0.34, 0.33, 0.37, 0.39) para diferentes razas de ovinos (Merino, Romanov, Corriedale, Afrino, Coopworth, Hampshire) por Greeff y Karlsson (1998), Maria *et al.* (1993), Brash *et al.* (1994), Snyman *et al.* (1995), Lewis y Beatson (1999) y Tosh y Kemp (1994). Sin embargo, la literatura científica también reporta valores bajos de heredabilidad directa para peso al destete, los cuales contrastan de manera significativa con los estimadores aquí reportados. Analla y Serradilla (1998), en un trabajo realizado en España con la raza Merino, en el cual se utilizaron 126 sementales y 964 borregas y se analizaron 3,355 registros, obtuvieron un estimador de heredabilidad directa de 0.08 para peso al destete a los 60 días de edad. Por su parte, Nagy *et al.* (1999), después de analizar 20,505 registros de peso al destete a los 60 días de edad, generados con 1,260 sementales y 16,338 borregas de la raza Merino, obtuvieron un estimador de heredabilidad directa de 0.17. En los Estados Unidos de América, Rao y Notter (2000), con las razas Targhee (4,650 registros, 96 sementales, 1,654 borregas), Suffolk (12,746 registros, 604 sementales, 4,276 borregas) y Polypay (6,561 registros, 188 sementales, 2,304 borregas) obtuvieron estimadores de heredabilidad directa por debajo del 20% (14, 19 y 11%, respectivamente). Los estimadores de heredabilidad directa para peso al destete obtenidos en el presente estudio pudieron diferir de los reportados en la literatura debido a diferencias en raza, manejo, ambiente, número de registros analizados, intensidad de selección, etc.

6.2.2. Heredabilidad materna

Los efectos genéticos maternos para peso ajustado a 75 días de edad tuvieron una heredabilidad de alrededor del 25% en Pelibuey y Blackbelly, siendo un poco menos heredables que los efectos genéticos directos. En estudios previos realizados con las razas Merino, Romanov, Welsh Mountain, Targhee y Suffolk se han encontrado estimadores de heredabilidad materna similares a los del presente estudio (Analla y

Serradilla, 1998; Maria *et al.*, 1993; Aslaminejad y Roden, 1997; Rao y Notter, 2000; Maniatis y Pollott, 2002). Por el contrario, para las razas Sueca de lana fina, Baluchi, Dala, Coopworth, Chios, Polypay, Dorper y Columbia se han reportado valores menores (Nasholm y Danell, 1996; Yazdi *et al.*, 1997; Larsgard y Olesen, 1998; Lewis y Beatson, 1999; Ligda *et al.*, 2000; Rao y Notter, 2000; Naser *et al.*, 2001; Hanford *et al.*, 2002).

6.2.3. Correlación entre efectos genéticos directos y maternos

Los efectos genéticos directos y maternos para peso al destete ajustado a 75 días de edad estuvieron alta y negativamente correlacionados en ambas razas, estando un poco más fuertemente correlacionados en la raza Pelibuey que en la raza Blackbelly (-0.73 vs -0.66). Al igual que los estimadores obtenidos en el presente estudio, la mayoría de los estimadores de la correlación genética entre efectos directos y maternos encontrados en la literatura tienen signo negativo; sin embargo, algunos autores han reportado estimadores con signo positivo, sugiriendo que los efectos directos y maternos no son antagónicos. Además, la literatura científica indica que la magnitud de los estimadores de la correlación genética entre efectos directos y maternos es muy variable, encontrándose valores de -0.98 (María *et al.*, 1993), -0.90 (Rao y Notter, 2000), -0.78 (Lewis y Beatson, 1999), -0.60 (Vaez Torshizi *et al.*, 1996), -0.53 (Cloete *et al.*, 2001), -0.42 (Tosh y Kemp 1994), 0.05 (Duguma *et al.*, 2002), 0.24 (Aslaminejad y Roden, 1997), 0.35 (Hanford *et al.*, 2002), 0.47 (Nasholm y Danell, 1996), 0.57 (Snyman *et al.*, 1996) y 0.61 (Swan y Hickson, 1994).

Las razones de la gran magnitud de los estimadores obtenidos no fueron explicadas por estos autores. Debido a esta gran variabilidad, parece ser que la naturaleza (signo) y la magnitud de la correlación genética entre efectos directos y maternos están muy lejos de ser conocidas con certeza. Sin embargo, Robinson (1996), trabajando con datos simulados, concluyó que “los estimadores de la correlación genética entre efectos directos y maternos pueden ser negativos debido no sólo a antagonismo

genético, sino también debido a variación adicional entre sementales o entre sementales x año”; sin embargo, dichos efectos generalmente no se contemplan en el modelo estadístico para el análisis de la información. De manera similar, pero con datos reales, Hagger (1998) encontró que al incluir el efecto de semental x rebaño en el modelo estadístico la magnitud de dicha correlación genética era reducida significativamente, concluyendo que los valores genéticos serían estimados sesgadamente sino se incluía dicho efecto aleatorio en el modelo.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Los estimadores de heredabilidad directa y materna para peso a los 75 días de edad, tanto en la raza Pelibuey como en la Blackbelly, fueron significativamente mayores que los estimadores de heredabilidad directa y materna para peso al nacimiento. Para peso al destete ajustado a 75 días de edad, los efectos genéticos directos fueron más importantes que los efectos genéticos maternos, ya que los estimadores de heredabilidad directa fueron mayores que los estimadores de heredabilidad materna. La magnitud de los estimadores de heredabilidad indican que es muy factible mejorar (aumentar) el peso a los 75 días de edad mediante un programa de selección. Dicho programa de selección podría estar basado en diferencias esperadas en la progenie o valores genéticos ya que actualmente se realizan evaluaciones genéticas de las razas Pelibuey y Blackbelly en México. La magnitud de los estimadores de las correlaciones genéticas entre efectos directos y maternos para peso al destete ajustado a 75 días de edad, indican que el progreso genético podría ser lento en un programa de mejoramiento genético; sin embargo, dicha magnitud pudo deberse a la influencia sobre los datos de ciertos efectos no considerados en el modelo (e.g., semental x rebaño). Finalmente, las diferencias entre los estimadores de parámetros genéticos obtenidos en el presente trabajo y algunos estimadores publicados en la literatura científica se pudo deber a diferencias en manejo, número de observaciones, raza, ambiente e intensidad de selección, entre otros factores.

LITERATURA CITADA

- 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: 30-40.
- Al-Shorepy, S.A., Notter, D.R. 1998. Genetic parameters for lamb birth weight in spring and autumn lambing. *Animal Science* 67: 327-332.
- Analla, M., Munoz-Serrano, A., Serradilla, J.M. 1997. Analysis of genetic relationships between litter size and weight traits in Segureña sheep. *Canadian Journal of Animal Science* 77: 17-21.
- Analla, M., Serradilla, J.M. 1998. Estimation of correlations between ewe litter size and maternal effects on lamb weights in Merino sheep. *Genetics Selection Evolution* 30: 493-501.
- Aslaminejad, A.A., Roden, J.A. 1997. Estimation of direct and maternal genetic parameters for 12 week weight for Welsh Mountain sheep. *Proceedings of the British Society of Animal Science* 53:177.
- Bahreini Behzadi, M. R., Shahroudiz, F. E., Van Vleck, L. D. 2007. Estimates of genetic parameters for growth traits in Kermani sheep. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 124: 296–301.
- Blackwell, R.L., Henderson, C.R. 1955. Variation in fleece weight, weaning weight and birth weight of sheep under farm conditions. *Journal of Animal Science* 14: 831-843.
- Boldman, K. G., Kriese, L. A., Van Vleck, L. D., Van Tassel, C. P., Kachman, S. D. 1995. A manual for use of MTDFREML. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances (DRAFT). U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service.
- Borg, R. C., Notter, D. R., Kott, R. W. 2009. Phenotypic and genetic associations between lamb growth traits and adult ewe body weight in western range sheep. *Journal of Animal Science* 87: 3506-3514.

- Boujenane, I., Kansari, J. 2002. Estimates of (co)variances due to direct and maternal effects for body weights in Timahdite sheep. *Animal Science* 74: 409-414.
- Brash, L.D., Fogarty, N.M., Gilmour, A.R. 1994. Genetic parameters for Australian maternal and dual-purpose meat sheep breeds. II. Liveweight, wool and reproduction in Corriedale sheep. *Australian Journal of Agricultural Research* 45: 469-480.
- Burfening, P. J., Kress, D. D. 1992. Direct and maternal effects on birth and weaning weight in sheep. *Small Ruminant Research* 10: 153-163.
- Cloete, S.W.P., Greeff, J.C., Lewer, R.P. 2001. Environmental and genetic aspects of survival and early liveweight in Western Australian Merino sheep. *South African Journal of Animal Science* 31: 123-130.
- Cloete, S.W.P., Olivier, J.J., Snyman, M.A., Dutoit, E. 1998. Genetic parameters and trends in a selection experiment for increased clean fleece weight involving South African Merinos. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 38: 427-432.
- Cloete, S.W.P., Scholtz, A.J., Gilmour, A.R., Olivier, J.J. 2002. Genetic and environmental effects on lambing and neonatal behaviour of Dormer and SA Mutton Merino lambs. *Livestock Production Science* 78: 183-193.
- Dodenhoff, J., Van Vleck, L.D., Kachman, S.D., Koch, R.M. 1998. Parameter estimates for direct, maternal, and grandmaternal genetic effects for birth weight and weaning weight in Hereford cattle. *Journal of Animal Science* 76: 2521-2527.
- Duguma, G., Schoeman, S.J., Cloete, S.W.P., Jordaan, G.F. 2002. Genetic parameter estimates of early growth traits in the Tygerhoek Merino flock. *South African Journal of Animal Science* 32: 66-75.
- El Fadili, M., Michaux, C., Detilleux, J., Leroy, P. L. 1999. Genetic parameters for growth traits of the Moroccan Timahdit breed of sheep. *Small Ruminant Research* 37: 203-208.
- Galina, M. A., Morales, R., Silva, E., López, B. 1996. Reproductive performance of Pelibuey and Blackbelly sheep under tropical management systems in Mexico. *Small Ruminant Research* 22: 31-37.

- González, R., Torres, G., Castillo, M. 2002. Crecimiento de corderos Blackbelly entre el nacimiento y el peso final en el trópico húmedo de México. *Veterinaria México*, UNAM, México, 33(4) p. 443-453.
- Gutiérrez, J., Rubio, M.S., Méndez, R.D. 2005. Effects of crossbreeding Mexican Pelibuey sheep with Rambouillet and Suffolk on carcass traits. *Laboratorio de ciencias de la carne, Secretaria de Producción Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, México*, p. 1-5.
- Greeff, J., Karlsson, L. 1998. The genetic relationship between faecal consistency, faecal worm egg counts and wool traits in Merino sheep. *Proceedings of the 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Armidale, Australia* 24: 63-66.
- Hagger, C. 1998. Litter, permanent environmental, ram-flock, and genetic effects on early weight gain of lambs. *Journal of Animal Science* 76: 452-457.
- Hanford, K.J., Van Vleck, L.D., Snowden, G.D. 2002. Estimates of genetic parameters and genetic change for reproduction, weight, and wool characteristics of Columbia sheep. *Journal of Animal Science* 80: 3086-3098.
- Hanford, K.J., Van Vleck, L.D., Snowden, G.D. 2003. Estimates of genetic parameters and genetic change for reproduction, weight, and wool characteristics of Targhee sheep. *Journal of Animal Science* 81: 630-640.
- Hanford, K.J., Van Vleck, L.D., Snowden, G.D. 2006. Estimates of genetic parameters and genetic trend for reproduction, weight, and wool characteristics of Polypay sheep. *Livestock Science* 102: 72-82.
- Hassen, Y., Fuerst- Waltl., Sölkner, J. 2003. Genetic parameter estimates for birth weight, weaning weight and average daily gain in pure and crossbred sheep in Ethiopia. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 120: 29-38.
- Hulet, C.V., Ercanbrack, S.K., Knight, A.D. 1984. Development of the Polypay breed of sheep. *Journal of Animal Science* 58:15- 24.
- Jara, A., Montaldo, H., Barria, N. 1998. Direct and maternal genetic effects for birth, weaning and 14-month weights of Corriedale breed in Magallanes. *Proceedings*

- of the 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Armidale, Australia 24:181-184.
- Johnson, D.L., Thompson, R. 1995. Restricted maximum likelihood estimation of variance components for univariate animal models using sparse matrix techniques and average information. *Journal of Dairy Science* 78: 449-456.
- Jurado, J. J., Alonso, A., Alenda, R. 1994. Selection response for growth in a Spanish Merino flock. *Journal of Animal Science* 72: 1433-1440.
- Larsgard, A.G., Olesen, I. 1998. Genetic parameters for direct and maternal effects on weights and ultrasonic muscle and fat depth of lambs. *Livestock Production Science* 55: 273-278.
- León, J.M., Delgado, J. V., Gama, L. T., Carolino, N., Benavente, M., Nogales, S., Rodríguez, J. V., Puntas, J. 2005. Evolución genética del peso y crecimiento del ovino Segureño en una década de selección masal. *Archivos de Zootecnia* 54 (206-207): 317-321.
- Lewer, R.P., Woolaston, R.R., Howe, R.R. 1994. Studies on Western Australian Merino sheep 2. Genetic and phenotypic parameter estimates for objectively measured traits on ram and ewe hoggets using different model types. *Australian Journal of Agricultural Research* 45: 829-840.
- Lewis, R.M., Beatson, P.R. 1999. Choosing maternal-effect models to estimate (co)variances for live and fleece weight in New Zealand Coopworth sheep. *Livestock Production Science* 58:137-150.
- Ligda, C., Gabriilidis, G., Papadopoulos, T., Georgoudis, A. 2000. Investigation of direct and maternal genetic effects on birth and weaning weight of Chios lambs. *Livestock Production Science* 67: 75-80.
- 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: 79-89.
- Maniatis, N., Pollott, G.E. 2002. Maternal effects on weight and ultrasonically measured traits of lambs in a small closed Suffolk flock. *Small Ruminant Research* 45: 235-246.

- María, G., Boldman, K.G., Van Vleck, L.D. 1993. Estimates of variances due to direct and maternal effects for growth traits of Romanov sheep. *Journal of Animal Science* 71: 845-849.
- Martínez, R. y Malagón, S. 2005. Genetic and Phenotypic characterization of the Colombian Creole sheep. *Archivos de Zootecnia* 54: 341-348.
- Matika, O., van Wyk, J.B., Erasmus, G.J., Baker, R.L. 2003. Genetic parameter estimates in Sabi sheep. *Livestock Production Science* 79:17-28.
- Mavrogenis, A. P. 1996. Estimates of environmental and genetic milk and growth traits of Awassi parameters influencing sheep in Cyprus. *Small Ruminant Research* 20: 141-146.
- 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: 1659-1665.
- Nagy, I., Solkner, J., Komlosi, I., Safar, L. 1999. Genetic parameters of production and fertility traits in Hungarian Merino sheep. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 116: 399-413.
- Nasholm, A., Danell, O. 1996. Genetic relationships of lamb weight, maternal ability, and mature ewe weight in Swedish finewool sheep. *Journal of Animal Science* 74: 329-339.
- Neser, F. W. C., Konstantinov, K. V., Erasmus, G. J. 1995. Estimated genetic trends for weaning weight in three Dorper lines with different selection criteria. *South African Journal of Animal Science* 25: 65-69.
- Neser, 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: 197-202.
- Okut, H., Bromley, C. M., Van Vleck, L. D., Snowden, G. D. 1999. Genotypic expression with different ages of dams: III. Weight traits of sheep. *Journal Animal Science* 77: 2372–2378.

- Pitono, A., James, J.W. 1995. Estimates of genetic parameters for lamb weights and growth traits of tropical sheep. *Proceedings of the Australian Association of Animal Breeding and Genetics* 11: 425-429.
- Quesada, Mauricio, McManus, Concepta., D´Araujo Couto, Augusto Flávio. 2002. Efeitos Genéticos e Fenotípicos sobre Características de Produção e Reprodução de Ovinos Deslanados no Distrito Federal. *Revista Brasileira de Zootecnia* 31(1):342-349.
- Quiroz, J., Martínez, A.M., Zaragoza, L.R., Perez Grovas, Vega-Pla, J.L. Delgado, J.V. 2008. Genetic characterization of the autochthonous sheep populations from Chiapas, México. *Livestock Science* 116(1):156-161.
- Rajab, M. H., Cartwright, T. C., Dahm, P. F., Figueiredo, E. A. 1992. Performance of three tropical hair sheep breeds. *Journal of Animal Science* 70: 3351-3359.
- Rao, S., Notter, D.R. 2000. Genetic analysis of litter size in Targhee, Suffolk, and Polypay sheep. *Journal of Animal Science* 78: 2113-2120.
- Rashidi, A., Mokhtari, M. S., Jahanshahi, A. S., Mohammad Abadi, M. R. 2007. Genetic parameter estimates of pre-weaning growth traits in Kermani sheep. *Small Ruminant Research* 74:165-171.
- Shaat, I., Galal, S., Mansour, H. 2004. Genetic trends for lamb weights in flocks of Egyptian Rahmani and Ossimi sheep. *Small Ruminant Research* 51 (2004) 23-28.
- Robinson, D.L. 1996. Models which might explain negative correlations between direct and maternal genetic effects. *Livestock Production Science* 45: 111-122.
- Segura-Correa, J. C., Montes-Pérez, R. C. 2001. Razones y estrategias para la conservación de los recursos genéticos animales. *Revista Biomed.* 12: 196-206.
- Segura, J. C., Sarmiento, L., Rojas, O. 1996. Productivity of Pelibuey and Blackbelly ewes in Mexico under extensive management. *Small Ruminant Research* 21: 57-62.
- Simm, G., Lewis, R.M., Grundy, B., Dingwall, W.S. 2002. Responses to selection for lean growth in sheep. *Animal Science* 74: 39-50.

- Snyman, M.A., Erasmus, G.J., van Wyk, J.B., Olivier, J.J. 1995. Direct and maternal (co)variance components and heritability estimates for body weight at different ages and fleece traits in Afrino sheep. *Livestock Production Science* 44: 229-235.
- Snyman, M.A., Olivier, J.J., Olivier, W.J. 1996. Variance components and genetic parameters for body weight and fleece traits of Merino sheep in an arid environment. *South African Journal of Animal Science* 26:11-14.
- Spide, P. L., Rothschild, M. F., Wundor, W. W., 1984. *Genética Aplicada*. UNAM, México.
- Swan, A., Hickson, J. 1994. Maternal effects in Australian Merinos. *Proceedings of the 5th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, Guelph, Canada 18: 143-146.
- Tosh, J.J., Kemp, K.A. 1994. Estimation of variance components for lamb weights in three sheep populations. *Journal of Animal Science* 72: 1184-1190.
- Tron, J de L. 2004. *Situación y perspectivas de la producción de carne ovina en México*. FESC-UNAM, México.
- Vaez Torshizi, R., Nicholas, F.W., Raadsma, H.W. 1996. REML estimates of variance and covariance components for production traits in Australian Merino sheep, using an animal model, 1: body weight from birth to 22 months. *Australian Journal of Agricultural Research* 47: 1235-1249.
- Van Vleck, L.D., St. Louis, D., Miller, J.I. 1977. Expected phenotypic response in weaning weight of beef calves from selection from direct and maternal genetic effects. *Journal of Animal Science* 44:360-367.
- van Wyk, J.B., Erasmus, G.J., Konstantinov, K.V. 1993. Variance component and heritability estimates of early growth traits in the Elsenburg Dormer sheep stud. *South African Journal of Animal Science* 23:72-76.
- Vanimisetti, H. B., Notter, D. R., Kuehn, L. A. 2007. Genetic (co)variance for ewe productivity traits in Katahdin sheep. *Journal of Animal Science* 85: 60-68.

- Vatankhah, M., Talebi, M.A. 2008. Heritability estimates and correlations between production and reproductive. *South African Journal of Animal Science* 38: 110-118.
- Warwick, E. J., Legates, J.E. 1980. *Cría y Mejoramiento de Ganado*. Tercera edición. McGraw Hill, México, D.F.
- Wildeus, S. 1997. Hair sheep genetic resources and their contribution to diversified small ruminant production in United States. *Journal of Animal Science* 75: 630-640.
- Wolf, B. T., McBride, S. D., Lewis, R. M., Davies, M. H., Haresign, W. 2008. Estimates of the genetic parameter and repeatability of behavioural traits of sheep in an arena test. *Applied Animal Behavior Science* 112: 68-80.
- Wuliji, T., Dodds, K.G., Land, J.T.J., Andrews, R.N., Turner, P.R. 2001. Selection for ultrafine Merino sheep in New Zealand: heritability, phenotypic and genetic correlations of live weight, fleece weight and wool characteristics in yearlings. *Animal Science* 72: 241-250.
- Yazdi, M.H., Engstrom, G., Nasholm, A., Johansson, K., Jorjani, H., Liljedahl, L.E. 1997. Genetic parameters for lamb weight at different ages and wool production in Baluchi sheep. *Animal Science* 65: 247-255.
- Yazdi, M.H., Johansson, K., Gates, P., Na'sholm, A., Jorjani, H., Liljedahl, E. 1999. Bayesian Analysis of Birth Weight and Litter Size in Baluchi Sheep Using Gibbs Sampling. *Journal of Animal Science* 1999 77: 533-540.