

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

Subdirección de Posgrado



FACTORES QUE INFLUYEN EL CRECIMIENTO Y MORTALIDAD DE
CORDEROS DE PELO EN SISTEMAS INTENSIVOS

Por:

JUAN MANUEL TATAY CASTILLO

TESIS

Presentada como requisito parcial
para optar al grado de:

**DOCTOR EN CIENCIAS
EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA**

Torreón, Coahuila, México

Diciembre de 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

Subdirección de Posgrado



TESIS

**FACTORES QUE INFLUYEN EL CRECIMIENTO Y MORTALIDAD DE
CORDEROS DE PELO EN SISTEMAS INTENSIVOS**

Por:

JUAN MANUEL TATAY CASTILLO

Director:

DR. MIGUEL ÁNGEL MELLADO DEL BOSQUE

Torreón, Coahuila, México

Diciembre de 2014

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

Subdirección de Posgrado

**FACTORES QUE INFLUYEN EL CRECIMIENTO Y MORTALIDAD DE
CORDEROS DE PELO EN SISTEMAS INTENSIVOS**

TESIS

JUAN MANUEL TATAY CASTILLO

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada
como requisito parcial para optar al grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Comité particular de asesoría:

Director _____
Dr. Miguel Ángel Mellado del Bosque

Co-director _____
Dr. Francisco Gerardo Véliz Deras

Asesor _____
Dr. Jesús Mellado del Bosque

Asesor _____
Dr. Carlos Leyva Orasma

Asesor _____
Dr. César Alberto Herrera Meza

Subdirector de Posgrado _____
Dr. Alberto Sandoval Rangel

Jefe de Dpto. Posgrado _____
Dr. Raúl Villegas Vizcaíno

Torreón, Coahuila, México

Diciembre de 2014

DEDICATORIA

Este documento es dedicado a mis Padres, Juan Manuel Tatay Martínez y Silvia Margarita Castillo López, por su apoyo en la realización de este trabajo.

A mis hijos Juan Yashua y Juan Mateo, son mi motivo para seguir superándome.

A mis hermanas Ana Silvia Y María Fernanda.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS por darme la oportunidad de cumplir una meta más en la vida.

Dr. Miguel A. Mellado Bosque, por haber aceptado dirigir mi formación académica, por su gran apoyo y asesoría en la realización de este proyecto de investigación, y por su amistad.

Dr. Francisco Gerardo Veliz Déras, por su apoyo para la realizar este documento y su empeño para lograr tener este programa de post-grado.

PhD. Cesar A. Meza Herrera, por el gran apoyo que me brindó y asesoría en este proyecto.

Dr. Jesús Mellado por su colaboración en la realización de este documento.

Dr. Carlos Leyva Orasma por su apoyo para la realización en la elaboración de este documento.

M.E. Francisco Hernández Centeno por su apoyo para la realización de este documento y su amistad.

Dr. Roberto Flores Bello por su apoyo para la obtención de mi grado.

M.V.Z. Yadira Roldan Serna por su apoyo y comprensión para la elaboración de este documento y alentarme a obtener mi grado.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS Y CUADROS	vii
I. COMPENDIO.....	viii
II. ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. HIPÓTESIS	3
3. OBJETIVOS.....	¡Error! Marcador no definido.
4. REVISIÓN DE LITERATURA	3
Artículo I.....	17
Artículo II	33
5. CONCLUSIONES	48
6. LITERATURA CITADA.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS Y CUADROS

No.	TÍTULO DE FIGURAS	PÁG.
1	Table 1. Growth performance characteristics for the progeny sired by Katahdin (K), Charolais (C) and Texel (T) on Katahdin ewes under intensive conditions in central Mexico. Values are means \pm SD.	23
2	Table 2. Odds ratios and 95% confidence intervals for various explanatory variables for survival rates of the progeny sired by Katadhin (K), Charolais (C) and Texel (T) on Katahdin ewes under intensive conditions in central Mexico.	25
3	Table 3. Odds ratios and 95% confidence intervals for various explanatory variables for survival rates of the progeny sired by Katadhin (K), Charolais (C) and Texel (T) on Katahdin ewes under intensive conditions in central Mexico.	32
4	Table 4. Least squares means and standard errors for birth weight, 90 d-weaning weight and daily weight gain from birth to weaning for Dorper sheep reared in confinement. Values are means \pm standard deviation.	23
No.	TÍTULO DE CUADROS	PAG.
1	Fig. 1. Distribución porcentual de la población ovina en México	53
2	Fig. 2. Porcentaje anual de matanza ovina en México	53
3	Fig. 3. Distribución de la matanza en el año 2010 de acuerdo con el tipo de rastro y matadero	54

I. COMPENDIO

**FACTORES QUE INFLUYEN EL CRECIMIENTO Y MORTALIDAD DE
CORDEROS DE PELO EN SISTEMAS INTENSIVOS**

Por:

Juan Manuel Tatay Castillo

DOCTORADO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Unidad Laguna

En el presente estudio se incluyen dos experimentos. El objetivo del primero fue evaluar la tasa de crecimiento y mortalidad de corderos cruzados provenientes de ovejas Katahdin (K) fecundadas con Charolais (C), Hampshire (H) y Texel (T). Se utilizaron 152 corderos de ovejas Katahdin con Hampshire (KH; n=43), Texel (KT; n=53) y Charolais (KC; n=56) en condiciones intensivas. Se determinó el efecto del genotipo sobre el peso al nacimiento, peso al destete, ganancia de peso predestete y mortalidad de los corderos. No se detectaron diferencias entre grupos genéticos para peso al nacimiento (4.0 ± 1.1 , 4.3 ± 0.9 and 4.0 ± 1.1 kg for KC, KH, KT, respectivamente), pero la ganancia diaria de peso predestete fue mayor para KH (310 ± 65 g) sin que existiera diferencia entre KC and KT (272 ± 76 and 269 ± 69 g). El peso de los corderos no difirió entre sexos, pero el peso disminuyó ($P < 0.05$) al incrementarse el tamaño de la camada (el peso al destete a 60 días para corderos de partos de una cría, gemelos y triples fue de 24.5 ± 2 , 19.2 ± 3.5 y 14.3 ± 3.8 kg). La tasa de sobrevivencia de corderos KC fue de 61% y ésta fue significativamente menor que la sobrevivencia de las otras razas (76 and 84% para KT and KH). El peso al nacimiento se relacionó negativamente con la tasa de supervivencia. Se concluyó que el uso de Moruecos Hampshire sobre ovejas Katahdin ofrece una buena alternativa para programas de producción de carne de ovino. El objetivo de un segundo experimento fue establecer los factores no genéticos que afectan los rasgos de crecimiento de corderos Dorper en condiciones intensivas. 990 registros de pesos al nacimiento y 851 de pesos al destete de una explotación comercial intensiva fueron usados. Se utilizó un modelo que incluía el efecto del año de nacimiento, mes de nacimiento, estatus al

nacimiento, edad de la madre y sexo de la cría. Estas variables independientes se usaron para ver su impacto en rasgos del crecimiento. El año de nacimiento afectó ($P < 0.05$) el peso al nacimiento de los corderos Dorper (rango de 3.5 ± 0.8 a 4.0 ± 0.6 kg). El peso al nacimiento fue mayor ($P < 0.05$) en verano (4.0 ± 0.7 kg) y más bajo en invierno y primavera (3.7 ± 0.8 kg). Los corderos machos fueron más pesados al nacimiento (3.9 ± 0.7 vs. 3.7 ± 0.8 kg), al destete (33.4 ± 5.8 vs. 31.3 ± 5.4 kg), en la ganancia de peso predestete (328 ± 63 vs. 309 ± 57 g) que las hembras. Las borregas más jóvenes produjeron los corderos con los pesos al nacimiento 3.6 ± 0.8 vs 3.9 ± 0.8 kg) y destete (30.9 ± 5.8 vs 32.3 ± 5.9 - 33.6 ± 5.4 kg) más bajos ($P < 0.05$) comparadas con ovejas pluríparas. Los corderos de partos de una cría fueron 0.6 kg más pesados ($P < 0.05$) que los gemelos y 1.6 kg más pesados que los triples. Igualmente los corderos nacidos en forma individual fueron más pesados ($P < 0.05$) al destete (35.1 ± 5.3 vs 32.2 ± 5.9 , 28.4 ± 6.0 y 25.7 ± 3.7 kg) y crecieron más rápido (354 ± 5.3 vs 315 ± 57 , 278 ± 62 y 255 ± 40 g) que los gemelos, triples y cuádruples. Se concluyó que existen importantes influencias ambientales que afectan el desarrollo de corderos Dorper en condiciones intensivas.

Palabras clave: ovejas de pelo, peso al nacimiento, peso al destete, ovejas cruzadas, Katahdin, Dorper.

II. ABSTRACT

FACTORS AFFECTING GROWTH TRAITS AND MORTALITY RATE OF OF HAIR SHEEP IN INTENSIVE SYSTEMS

By

Juan Manuel Tatay Castillo

DOCTOR OF SCIENCES IN AGRICULTURAL PRODUCTION

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

This study included two trials. The objective of the first one was to evaluate growth rate and mortality rate of crossbred lamb from Katahdin (K) ewes fecundated with Charolais (C), Hampshire (H) and Texel (T). Crossbred lambs (n = 152) from Katahdin ewes with either Hampshire (KH; n=43), Texel (KT; n=53) and Charolais (KC; n=56) sires were used under intensive conditions. The effect of genotype on birth weight, weaning weight, preweaning daily weight gain and mortality rate was determined. Breed differences were not detected for birth weight (4.0 ± 1.1 , 4.3 ± 0.9 and 4.0 ± 1.1 kg for KC, KH, KT, respectively), but preweaning daily gains were higher for KH (310 ± 65 g) with no differences

between KC and KT (272 ± 76 and 269 ± 69 g). Weights of lambs did not differ significantly between sexes, but weights decreased ($P < 0.05$) with increased litter size (weaning weight at 60 days for single, twins and triplets was 24.5 ± 2 , 19.2 ± 3.5 and 14.3 ± 3.8 kg). The survival rate of KC lambs was 61 % and this was significantly lower than the survival rate of lambs from the other breeds (76 and 84% for KT and KH). Birth weight was found to be negatively related to survival rate. It was concluded that the use of Hampshire sires on Katahdin ewes offer a good alternative to meat sheep production because this crossbred lambs excelled both in preweaning growth and survival rate over lambs sired by KC and KT. In a second trial the objective was to establish the non-genetic factors which affect growth traits in Dorper lambs under intensive conditions. 990 birth weight records and 851 weaning weight data from a commercial sheep farm from 2006 through 2010 were used. A model containing the effects of year of birth, season of birth, birth status, dam's age and gender was used for identification of factors affecting growth traits. Year of birth affected ($P < 0.05$) birth weight of Dorper lambs (range 3.5 ± 0.8 - 4.0 ± 0.6 kg). Birth weight was highest ($P < 0.05$) in summer (4.0 ± 0.7 kg) and lowest in winter and spring (3.7 ± 0.8 kg). Male lambs excelled females in birth weight (3.9 ± 0.7 vs. 3.7 ± 0.8 kg), weaning weight (33.4 ± 5.8 vs. 31.3 ± 5.4 kg) and average daily gain (ADG) (328 ± 63 vs. 309 ± 57 g). Young dams produced offspring with a lower ($P < 0.05$) birth weight (3.6 ± 0.8 vs 3.9 ± 0.8 kg) and weaning weight (30.9 ± 5.8 vs 32.3 ± 5.9 - 33.6 ± 5.4 kg) than older ewes. Lambs born as singles were 0.6 kg heavier ($P < 0.05$) than twins and 1.6 kg heavier than triples. Likewise, lambs born as singles were significantly heavier ($P < 0.05$) at weaning (35.1 ± 5.3 vs 32.2 ± 5.9 ,

28.4 ± 6.0 and 25.7±3.7 kg) and had greater ADG (354±5.3 vs 315±57, 278±62 and 255±40 g) than twins, triples and quadruplets. In conclusion, important influences of environmental factors on growth traits were identified for Dorper lambs. Thus, corrections for environmental effects are necessary to increase accuracy of direct selection for growth traits of Dorper sheep under intensive conditions.

Key Words: growth traits; birth weight; crossbred sheep; weaning weight; weight gain, hair sheep.

1. INTRODUCCIÓN

La ovinocultura en México se ha incrementado durante los últimos años, manteniendo un ritmo de crecimiento de sus inventarios superior al 3.5 % anual (SIAP, 2010). Así mismo, la producción de carne de ovino ha incrementado, manteniendo en promedio una tasa de crecimiento anual del 6.7 % (SIAP, 2010). Este incremento de la productividad ovina en México también se ha visto reflejada en una mayor integración de la producción primaria con las actividades de procesamiento, transformación y comercialización de la cadena cárnica, así como en la diversificación de productos de la industria ovina, tales como carne frías, cortes finos de cordero, embutidos, barbacoa y mixiotes enlatados (Gómez, 2009). Además, se han incrementado las formas de preparar la carne de oveja, como son el cordero al pastor, al ataúd, lechal, birria de borrego, etc. (Arteaga, 2007.). El consumo nacional de carne ovina, alcanzó 87,740 t anuales durante 2000 y 2007, de las cuales alrededor de 57 % fue de producción nacional y 43 % de importación (Gómez, 2009; SAGARPA, 2010). A pesar del mejor desempeño que ha tenido la ovinocultura mexicana en años recientes, todavía se tiene un déficit de carne requerida para satisfacer las necesidades del consumo interno, que se cubre con importaciones de carne procedentes de Estados Unidos, Australia, Nueva Zelanda, y más recientemente de sudamérica.

Este déficit de carne de ovino que tiene el país, ofrece la oportunidad a los productores mexicanos de ovinos de producir más de 37,000 t de carne en el mercado nacional, lo cual reforzaría la productividad de sus empresas y se evitaría la salida de divisas por la inmensa importación de esta carne. Para

lograr lo anterior, se requiere mejorar la eficiencia de producción de los sistemas de producción de ovinos del país y obtener un producto de alta calidad, que pueda competir con la carne que se importa. Lo anterior genera la necesidad de desarrollar tecnologías que contribuyan a incrementar la productividad de los ovinos, a mejorar los atributos de la canal y a incrementar la calidad de la carne para satisfacer las exigencias del mercado nacional.

Por otra parte, hasta hace pocos años, los rebaños ovinos de las regiones del norte y centro de México estaban conformados principalmente por animales de la raza Rambouillet (Castillo *et al.*, 1990; Urrutia *et al.*, 2000), sin embargo en las últimas dos décadas ha comenzado a diversificarse genéticamente con la introducción de razas de pelo, principalmente la Pelibuey y Blackbelly, y más recientemente con las razas Dorper y Katahdin, Poco se conoce del comportamiento de ovejas cruzadas entre razas de pelo y de lana en diversos ecosistemas de México. Considerando lo anterior, se desarrolló el presente trabajo de investigación con el propósito de evaluar, en condiciones intensivas, el desempeño productivo y los factores que afectan los rasgos de crecimiento de de ovejas de pelo como la Katahdin y Dorper, y laos cruzamientos de Katahdin con algunas razas de pelo.

2. HIPÓTESIS

1. Los moruecos Hampshire se pueden usar para fecundar borregas Katahdin lo cual resulta en crías de más rápido crecimiento que las ovejas de pelo.
2. La estación del año, la edad de la madre, el año de nacimiento y el tamaño de la camada son todas importantes fuentes de variación para los rasgos de crecimiento de corderos Dorper

3. REVISIÓN DE LITERATURA

Segura et al. (1996) llevaron a cabo un estudio con datos de 550 ovejas Pelibuey y 250 ovejas Blackbelly, las cuales fueron fecundadas durante 1990. Estos animales se utilizaron para determinar su productividad y algunos rasgos económicos al nacimiento y al destete. Las borregas pastoreaban vegetación nativa en el trópico de México y recibían suplementación de granos durante la época de sequía (de noviembre a mayo) durante todos los años. Se utilizó un modelo que incluía el año de apareamiento, la raza, y el grupo de parición (una combinación de número de parto y peso de las borregas). Las ovejas Blackbelly fueron superiores a las Pelibuey en prolificidad (1.67 vs 1.23 corderos), tamaño de la camada al destete (1.21 vs 1.01 corderos) y peso de la camada al nacimiento (4.17 vs. 3.45 kg) y destete (12.81 vs 11.49 kg). Sin embargo las borregas Blackbelly presentaron una mayor mortalidad de corderos al destete (23.8 vs 15.1 %). Las borregas con pesos menores a la media de sus compañeras presentaron menor productividad (3.39 kg) y al destete (11.14 kg)

comparado con las borregas de mayores pesos (4.16 y 14.46 kg, respectivamente).

Pineda et al. (1998) llevaron a cabo un estudio en una zona tropical en México con 20 borregos cruzados (Pelibuey x Rambouillet x Dorset y 20 corderos Pelibuey). Cada grupo se subdividió en machos y hembras. Los animales fueron alimentados en total confinamiento con una dieta de 6% de pasto guinea y 94% de una mezcla de 37.5 de cama de pollo, 37.5 de grano de maíz, 14.5 de melaza, 7% de aceite de coco, 2% de urea y 1.5 de minerales. Los corderos cruzados y los machos presentaron mayores consumos de alimento que los corderos Pelibuey y las hembras. Las ganancias diarias de peso después de 64 días de engorda para los corderos cruzados fueron de 238 g y 182 g comparados con 182 g y 102 g para los machos y hembras, respectivamente. Resultados similares se obtuvieron después de 34 días de engorda. La eficiencia de conversión alimenticia fue más alta para los corderos cruzados que los no cruzados y mejor para los machos en comparación con las hembras. Estos investigadores concluyeron que los animales de pelo cruzados con las razas de lana mejoran notablemente las ganancias de peso además de lograr una mejor conversión alimenticia.

Burkea y Apple (2007) realizaron un estudio cuyo objetivo fue determinar el comportamiento, en términos de crecimiento y las características de la canal de corderos $\frac{3}{4}$ o $\frac{7}{8}$ Dorper, Katahdin puro, Saint Croix puros y Suffolk puros nacidos en la primavera y otoño del 2001. Después del destete, los corderos se suplementaron con 280 g de un suplemento consistente en maíz y soya; los animales pastoreaban una pradera de pasto bermuda y de ryegrass. Los

borregos se sacrificaron a los 210 días de edad. Del nacimiento al destete los borregos Dorper crecieron más aprisa que los Katahdin o los Sant Croix, mientras que los Katahdin presentaron mayores aumentos de peso que los Saint Crox. Adicionalmente, los Dorper y los Suffolk presentaron mayores pesos del destete al sacrificio que los Sanit Crox o los Katahdin. Los borregos Suffolk fueron más pesados al momento del sacrificio y presentaron canales más pesadas en comparación que los borregos de razas de pelo.

Rajab et al. (1992) llevaron a cabo un estudio donde compararon el comportamiento productivo de tres razas de ovejas de pelo (Somalí Brasileña, Morada Nova y Santa Inés). Este estudio se llevó a cabo en el noreste de Brasil, se utilizaron datos de 524 corderos hijos de 21 sementales y provenientes de 190 borregas. Los rasgos que se estudiaron fueron pesos al nacimiento, al destete, a los 8 meses, a los 10 meses, y al año, además de otros rasgos relativos a las madres. Se encontraron diferencias para todas las razas y para todos los rasgos. Los corderos Somalí Brasileños, los más pequeños y de crecimiento más lento, fueron menos sensitivos a variaciones anuales de peso comparado con las otras razas. La raza santa Inés, que es la raza más grande y de ganancia de peso más acelerada, fue superior en peso al nacimiento y al destete comparado con las otras razas. La prolificidad de las borregas Morada Nova fue de 1.82 crías por parto mientras que la prolificidad de la raza Somalí y Santa Inés fue similar (1.39 y 1.31, respectivamente). La lluvia anual y la distribución de esta influenciaron el crecimiento de los corderos hasta el destete así como la reproducción de las borregas.

Carrillo y Segura (1993) utilizaron datos de 4754 corderos Pelibuey y Blackbelly durante nueve años en Yucatán, estos datos se usaron para determinar los efectos del ambiente, la raza de la madre y el padre sobre peso al nacimiento, peso al destete, y la ganancia diaria de peso de estos animales. También se añadió el efecto de año y de estación al nacimiento, el sexo del cordero, el tipo de nacimiento, y sus interacciones. La estación de nacimiento afectó significativamente el peso del nacimiento y la ganancia diaria de peso de los corderos. Los machos pesaron más que las hembras al nacimiento y al destete. Los corderos de parto simple fueron más pesados que los parto gemelar o de parto triple. Los corderos de madres Pelibuey fueron más pesados y crecieron más aceleradamente que los corderos provenientes de madres Blackbelly.

Rastogi (2001) utilizó datos de 298 corderos producidos por 161 ovejas Blackbelly en trinidad y Tobago. Estos animales se utilizaron para estudiar la influencia de la estación, el año, el sexo y el tipo de nacimiento sobre los pesos al nacimiento, al destete, y a los 6 meses de edad, ganancia de peso pre destete y la mortalidad de los corderos. Los promedios de peso al nacimiento, al destete (56 días), a los 6 meses, la ganancia de peso pre destete y la mortalidad fue de 2.75, 10.8, 19.2, 152 g y 18.3%, respectivamente. El año y la estación de parto afectaron a todos los rasgos excepto el tamaño de la camada y la mortalidad de los corderos. El tipo de parto tuvo un efecto significativo sobre el crecimiento de los corderos y el peso de los corderos al destete. Los corderos de parto simple fueron más pesados que los de partos múltiples.

Godfrey et al. (1997) llevaron a cabo un estudio con borregas Saint Croix, Blackbelly y nativas de Florida, para evaluar la producción de leche y el

crecimiento de los corderos en condiciones de sub trópico. La producción de leche se midió el día tres después del parto y con intervalos de una semana a partir del día 7 pos parto y el día 63. La producción de leche disminuyó a medida que pasaba el tiempo en todas las razas de ovejas. La leche producida no difirió de razas de ovejas o entre borregas que amamantaron uno o varios corderos. No hubo diferencia en peso al destete y ganancia diaria de peso entre los corderos de las tres razas.

Godfrey y Dotson (2003) llevaron a cabo un estudio con ovejas Saint Croix y Blackbelly en donde evaluaron el efecto de la suplementación alimenticia durante los días previos al parto sobre el comportamiento de las borregas con sus corderos, tanto en la estación de sequía como en la estación de lluvia. La suplementación consistió de granos en forma de pellets además del pastoreo en pasto guinea. Las ovejas suplementadas alrededor del parto tuvieron corderos al nacimiento con peso más alto y al destete que las borregas no suplementadas (12.2 vs 2.9 y 10.9 kg, respectivamente) durante la estación seca. Durante la estación de lluvia los pesos al nacimiento al nacimiento y al destete no difirieron entre las borregas suplementadas y no suplementadas. Los borregos que nacieron en la época de lluvia presentaron mayor peso que los borregos que nacieron en la época de sequía (194 vs 128 g/d, respectivamente)

Buncha et al. (2004) realizaron un estudio sobre el crecimiento de corderos Saint Croix, Saint Croix x borregas de lana, Callipyge x Saint Croix, Dorper x Saint Croix, Dorper x borregas de lana, Callipyge x borregas de lana y borregas de lana x borregas de lana. La eficiencia alimenticia varió de 5.20 a 6.87 con el

eficiencia más alta para las borregas Saint Croix puras. La ganancia diaria de peso vario de 340 a 550 g, con la ganancia de peso más alto para Callipigye x borregas de lana y x Saint Croix.

En un estudio de Wildeus et al. (2007) realizaron un estudio de alimentación y metabolismo para determinar el consumo, digestibilidad de la dieta y del nitrógeno (N). Se usaron tres razas de ovinos de pelo con diferente potencial de crecimiento, a las cuales se les ofreció heno de alfalfa. Para la prueba de alimentación se utilizaron 24 corderos de 24 meses de edad, que representaban igualmente a las razas Barbados Blackbelly, Katahdin, y Santa Cruz. Estos animales se colocaron en corrales con piso de cemento, cerrados en 12 de las corraletas (2.5 m x 3.5 m), se les ofreció alfalfa picada (*Medicago sativa* L.; 17.6 % PC, 50.4 % FDN y 36.4 % ADF) ad libitum. A los corderos se les permitió un período de adaptación de 14-d a los corrales y la dieta, y se mantuvieron en la prueba durante 56 d. El peso corporal final (BW) fue diferente entre razas (Barbados Blackbelly: 23.8 kg; Katahdin: 36.5 kg; Santa Cruz: 29.1 kg). La ganancia diaria de peso no fue significativamente diferente entre Katahdin (131 g/d) y Santa Cruz (117 g/d), pero ambos fueron superiores a Barbados Blackbelly (87 g/d). El consumo diario de materia seca de heno fue similar entre las razas (107-109 g/kg de peso corporal^{0.75}), y el consumo de alimento en relación a la ganancia de peso osciló entre 8.7 en Santa Cruz y 9.1 en Katahdin al 10.5 por ciento en Barbados Blackbelly, pero no fue diferente entre razas. Seis corderos por raza se utilizaron en uns pruebs de metabolismo. DMI total fue mayor en Katahdin (1196 g/d) comparado con Santa Cruz (907 g/d) y Barbados Blackbelly (858 g/d), pero estas diferencias no fueron

significativamente diferente. Los coeficientes de digestibilidad aparente para materia seca, materia orgánica, N, FDN, y ADF fueron superiores en Katahdin en comparación con Barbados Blackbelly y Santa Cruz.

Cloete et al. (2000) indican que las ovejas Dorper pertenecen a una raza compuesta resistente a condiciones adversas de Sudáfrica, derivada de una mezcla entre los de cabeza negra Persa y el Dorset. Las ovejas Dorper son considerados como de maduración temprana, ya que paren a la edad de 1 año, aunque la edad al primer parto fue mayor en otras fuentes bibliográficas citadas. La fertilidad de las ovejas Dorper fue de aproximadamente 0.90 ovejas que parieron por oveja expuesta a los borregos, con un tamaño de la camada que van desde 1.45 a 1.60. La duración de la gestación de las ovejas Dorper fue de aproximadamente 147 días, mientras que se registró el inicio de los celos postparto tan pronto como 52 días después del parto. La supervivencia pre-destete de los corderos Dorper fue aproximadamente de 90%. La tasa de reproducción global osciló entre 0.99 a 1.40 corderos destetados por oveja expuesta a semental, mientras que superó 1.40 corderos destetados por oveja empadrada, en un año en condiciones de apareamiento acelerado. Los corderos orregas Dorper presentaron aumentos diarios de peso de 0.24 a 0.28 kg por día, bajo condiciones ambientales muy diferentes. Cuando los corderos eran destetados precozmente en 2-3 meses de edad, las ganancias post-destete fueron por encima de 0.18 – 0.20 kg por día. En el momento de su sacrificio, los corderos Dorper tuvieron porcentajes de rendimiento en canal de aproximadamente el 50 %. Dos genotipos diferentes a la raza (una con pelo o con) fueron evaluados bajo las condiciones de pastos naturales. No se

encontraron ventaja a favor de una u otra genotipo en lo que respecta a características productivas. Se llegó a la conclusión de que la raza se adapta bien a una gran variedad de condiciones ambientales.

Snyman y Olivier (2002) estudiaron la eficiencia reproductiva, el crecimiento, rasgos al sacrificio y características en conformación en borregas Dorper de dos tipos (pelo y lana). Estos animales fueron evaluados bajo condiciones extensivas en el noroeste de Karoo región de Sudáfrica. De 1993 a 2000, los corderos Dorper de pelo (n= 1070) y lana (n= 1044) fueron analizados. No hubo diferencias significativas entre animales de lana y pelo para de peso corporal a los 42 días y hasta los 12 meses de edad, y para la tasa de crecimiento pre o post-destete. El análisis de la conformación tienden a indicar que los corderos de pelo fueron más normalmente más compactos con patas más cortas, en comparación con corderos con lana. La longitud de la canal (108.5 vs. 107.2 cm) y longitud de las piernas traseras no difirió entre los corderos de lana o pelo. Con respecto a los demás rasgos de la canal, los corderos al sacrificio no difirieron (19.6 frente a 19.2 kg). Las ovejas de pelo eran ligeramente más pesados en comparación con las de tipo de lana (57.4 vs. 56.4 kg). No hubo diferencias, en cuanto al porcentaje de hembras paridas, corderos nacidos, corderos destetados, tasa de supervivencia de los corderos o kg corderos producidos por oveja por año. Estos investigadores llegaron a la conclusión de que la reproducción y caracteres de crecimiento económicamente importantes fueron similares entre las ovejas Dorper de pelo o lana.

El objetivo de un estudio de Malhadoa et al. (2009) fue analizar la ecuación de Brody, Von Bertalanffy, Richards Gompertz Logística con el fin de describir el

crecimiento de ovejas de la raza Dorper x Morada Nova (DMN), Dorper x Rabo Largo (DRL) y Dorper x Santa Inés (DSI). Después de definir el mejor modelo ajustado, la tasa de crecimiento absoluto fue calculado y la influencia de factores ambientales y genéticos en los parámetros de la curva características fue evaluada. Los datos se basan en 156 animales F₁ DMN (36, 61 y 59 DSI DRL), pesados trimestralmente desde el nacimiento hasta 210 días de edad. Ambos modelos de Gompertz y funciones logísticas presentaron el mejor ajuste, siendo este último ligeramente superior. El peso a edad madura fue estadísticamente similar entre los tres grupos genéticos. Sin embargo, la DSI presentó un crecimiento más rápido en el período de destete, con una caída notable en el punto de inflexión. La ganancia de peso en este grupo fue inferior a los grupos de DRL y DMN a los 150 días de edad. Sólo el mes de nacimiento influyó considerablemente en el peso asintótico (A). La tasa de crecimiento (k) se vio afectado por el mes de nacimiento, tipo de parto, el sexo, el grupo genético y tipo de parto. La correlación entre los parámetros A y k fueron negativos (-0,58 para DMN, -0.39 para DSI y -0.38 para DRL, lo que indica que en los animales más precoz es menos probable que alcancen mayores pesos a edad adulta.

En un estudio de Macías-Cruz et al. (2010) se evaluó el comportamiento productivo en corral y las características de canal de 36 corderos de ambos sexos Pelibuey puro, Dorper x Pelibuey y Katahdin x Pelibuey, bajo condiciones desérticas del noroeste de México. Después de 85 d de prueba de comportamiento en corral, los corderos se sacrificaron y se evaluaron sus canales. Los corderos Dorper x Pelibuey presentaron mayor ganancia diaria de

peso (240 g/día) y consumo diario de alimento que los otros dos genotipos. Sin embargo, entre los tres genotipos no se observaron diferencias para rendimiento en canal, área del músculo Longissimus dorsi y espesor de grasa dorsal. Los machos presentaron mayor ganancia diaria de peso (250 vs. 170 g/día) y menor conversión alimenticia que las hembras. Los pesos de la canal caliente y fría fueron mayores en machos que en hembras, pero el rendimiento en canal y el espesor de grasa dorsal fueron similares entre ambos sexos. El peso total y el rendimiento de cortes primarios fueron similares entre los genotipos y los sexos. Estos autores concluyeron que la raza Dorper puede ser usada en esquemas de cruzamiento para mejorar la producción de carne ovina en zonas áridas del noroeste de México.

El objetivo de un estudio de Hinojosa-Cuéllar et al. (2013) fue evaluar el comportamiento productivo de ovinos F₁ Pelibuey x Blackbelly (P x B) y sus cruces con Dorper y Katahdin (GM). Se analizaron 648 pesos al nacimiento, ganancias de peso pre (Gan1) y postdestete (Gan2), pesos al destete ajustados a 98 d de edad (Pda) y pesos a la venta ajustados a 198 d (Pva). El modelo estadístico incluyó los efectos de grupo racial (P x B y GM), año de nacimiento (An: 2000 a 2002), época de nacimiento (En: seca, febrero a abril; lluvias, mayo a octubre; vientos, noviembre a enero), tipo de nacimiento (Tn: únicos y múltiples) y las interacciones simples. La madre del cordero anidada dentro de grupo racial se incluyó como efecto aleatorio. Se estimaron además los índices de constancia y correlaciones parciales entre las variables de respuesta. Grupo racial afectó Gan1, Pda, Gan2 y Pva. El año de nacimiento afectó Gan1, Pda y Gan2. La época de nacimiento influyó en todas las variables de respuesta y el

tipo de nacimiento afectó Pn, Gan1 y Pda. En conclusión el grupo racial P x B tuvo mejor comportamiento productivo que los corderos de GM en la mayoría de las variables analizadas. Los corderos nacidos en la época seca y de tipo de parto único mostraron el mejor comportamiento productivo.

El objetivo de un estudio de Hinojosa-Cuéllar et al. (2010) fue conocer los indicadores productivos y reproductivos de un rebaño de ovejas de pelo en un sistema de partos acelerados. La información se obtuvo en Chiapas, México. Se siguió el modelo de pariciones aceleradas con tres épocas de empadre programadas en marzo, julio y noviembre de 2007, para obtener los partos en agosto, diciembre (2007) y abril (2008). Se mantuvieron 39 ovejas en pastoreo dentro de un sistema rotacional con 8 días de ocupación y 32 días de descanso, en promedio. El porcentaje de hembras paridas en cada una de las épocas de empadre fue cerca del 70%, presentándose un valor muy alto de abortos (8%). El número de crías nacidas vivas fue 1.27 ± 0.49 con una mortalidad predestete de 8.6 % y un intervalo entre partos de 268 días. El peso al nacer fue de 1.78 ± 0.59 kg con un peso al destete de 9.5 kg. La ganancia diaria de peso al destete fue 104 g por animal y el peso de la camada de 13 kg. Estos autores concluyeron que, por las características reproductivas de la raza Pelibuey, es factible implementar un modelo de 3 partos en 2 años con índices de producción similares a otros sistemas de manejo.

Vázquez-Soria et al. (2011) evaluaron el desempeño productivo y las características de la canal en corderos de la cruce de Katahdin (K) con sementales Suffolk (S), Texel (T), Charollais (Ch) y Dorper (D). Se emplearon

200 borregas que se distribuyeron aleatoriamente en cuatro lotes de 50, las cuales fueron inseminadas por laparoscopia con semen fresco. Las crías se pesaron al nacimiento, destete y cada 30 días hasta la matanza. Todos los animales recibieron una dieta integral con 14 % de proteína cruda (PC) y 2.9 Mcal EM/kg MS. A los 137 ± 3 días de edad, se sacrificaron 10 corderos de cada tratamiento para valorar en la canal la morfometría, la clasificación, el rendimiento, el pH 24 h, el color en músculo y grasa perirrenal, así como el índice de compacidad de la canal y las dimensiones del músculo L. dorsi. Además, se determinó la composición tisular de la espaldilla. Los animales KCh lograron el mayor peso de matanza (46.61 ± 8.50 kg) a los 137 días de edad, seguidos por la craza KD, KS y KT en orden descendente. No hubo diferencias entre KCh, KD y KS en la clasificación, conformación, rendimiento, área del ojo de chuleta e índice de compacidad de la canal, pero todos ellos superaron a KT en esas mismas variables. Las cruza KD, KS y KT presentaron mayor porcentaje de músculo (64.72 ± 1.77 %) y menor cantidad de grasa (13.83 ± 2.80 %) en promedio que KCh (61.07 ± 2.60 y 18.10 ± 3.30 %, respectivamente).

Para valorar los efectos del sexo y genotipo en el desempeño productivo y las características de la canal, Partida de la Peña et al. (2009) emplearon 60 ovinos que se distribuyeron en seis tratamientos en un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 x 3: hembras (H) y machos (M), y Pelibuey (Pb), Pb x Suffolk y Pb x Dorset. Los corderos se alojaron en grupos de cinco individuos del mismo sexo y genotipo. Para evaluar los parámetros postmortem, se sacrificaron cuatro animales de cada tratamiento cuando alcanzaron los 5 ± 0.3 meses en estabulación, momento en el que el peso promedió 39.5 ± 1.2 kg en

las H y 45.7 ± 0.9 kg en los M. Los M ganaron más peso (203 ± 24 g/d) que las H (147 ± 17 g/d); asimismo, los M cruzados aumentaron 18.2 % más que los puros en el mismo periodo de tiempo, mientras que las H cruzadas superaron en 27.8 % a las puras. La conversión alimenticia fue menor en M (5.9 ± 0.4) que en H (7.9 ± 0.6). No se detectaron diferencias ($P > 0.05$) en el rendimiento comercial ni verdadero en canal entre sexos ni entre genotipos; tampoco se observaron diferencias en el porcentaje de músculo entre genotipos, pero sí entre sexos (M 62.2 ± 1.2 y H 57.3 ± 3.1 %). No se presentaron diferencias en la cantidad de hueso, pero sí en la proporción de grasa, los animales Pb depositaron menos grasa (12.8 %) que los cruzados (14.3 %).

En un estudio en el trópico de México llevado a cabo por Ríos-Utrera et al. (2014) se determinó el comportamiento predestete y postdestete de corderos cruzados. El impacto sobre la ganancia de peso predestete de corderos provenientes de cruzamiento entre ovejas Pelibuey y Blackbelly y carneros de razas cárnicas especializadas (Dorper y Katahdin) se estudió mediante el análisis de datos provenientes de registros de producción ($n=727$) de un rebaño ovino localizado en Puebla, México. Además del grupo racial, se estudiaron los efectos de sexo del cordero (macho y hembra), año de nacimiento (2010, 2011 y 2012), época climática de nacimiento (alta y baja precipitación pluvial), tipo de nacimiento (simple, doble y triple) y número de parto (primípara y múltipara). Las variables evaluadas fueron peso al nacimiento (PN), peso al destete (PD) y ganancia diaria de peso predestete (GDP). El peso al destete y la ganancia diaria de peso predestete fueron ajustados a 90 días de edad. El PN fue influido por todos los factores ambientales. La época climática de nacimiento no afectó

PD y GDP. Sin embargo, el resto de los factores ambientales tuvieron influencia sobre PD y GDP. Con respecto al comportamiento productivo predestete que muestran los corderos Pelibuey, la incorporación de las razas paternas Dorper y Katahdin en cruzamiento con razas maternas Blackbelly y Pelibuey permitió incrementar la ganancia diaria de peso predestete de corderos F1.

Artículo I

Growth Performance and mortality of intensively managed Katahdin sheep crosses

(Desempenho de crescimento e mortalidade de Katahdin ovelhas mestiças criados intensivamente)

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate growth rate and mortality rate of crossbred lamb from Katahdin (K) ewes fecundated with specialized meat breeds such as Charolais (C), Hampshire (H) and Texel (T). Crossbred lambs (n = 152) from Katahdin ewes with either Hampshire (KH; n=43), Texel (KT; n=53) and Charolais (KC; n=56) sires were used under intensive conditions. The effect of genotype on birth weight, weaning weight, preweaning daily weight gain and mortality rate was determined. Breed differences were not detected for birth weight (4.0 ± 1.1 , 4.3 ± 0.9 and 4.0 ± 1.1 kg for KC, KH, KT, respectively), but preweaning daily gains were higher for KH (310 ± 65 g) with no differences between KC and KT (272 ± 76 and 269 ± 69 g). Weights of lambs did not differ significantly between sexes, but weights decreased ($P < 0.05$) with increased litter size (weaning weight at 60 days for single, twins and triplets was 24.5 ± 2 , 19.2 ± 3.5 and 14.3 ± 3.8 kg). The survival rate of KC lambs was 61 % and this was significantly lower than the survival rate of lambs from the other breeds (76 and 84% for KT and KH). Birth weight was found to be negatively related to survival rate. It was concluded that the use of Hampshire sires on Katahdin

ewes offer a good alternative to meat sheep production because this crossbred lambs excelled both in preweaning growth and survival rate over lambs sired by KC and KT.

Keywords: Birthweight, weaning weight, Charolais, Texel, Hampshire

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi avaliar taxa de crescimento e a taxa de mortalidade de cordeiros mestiços da ovelhas Katahdin (K) fecundada com raças especializadas em produção de carne, tais como Charolais (C), Hampshire (H) e Texel (T). Cordeiros ($n = 152$) da ovelhas Katahdin com carneiros Hampshire (KH; $n= 43$), Texel (KT; $n = n= 53$) e Charolais (KC; $n= 56$) foram utilizados sob condições de grande intensidade. O efeito do genótipo sobre o peso ao nascer, peso à desmama, ganho de peso diário e taxa de mortalidade foi determinada. Raça não foram detectadas diferenças de peso ao nascer (4.0 ± 1.1 , 4.3 ± 0.9 e 4.0 ± 1.1 kg para KC, KH, KT, respectivamente), mas os ganho de peso diário foram maiores para KH (310 ± 65 g) com diferenças entre KC e KT (272 ± 76 e 269 ± 69 g). Os pesos dos cordeiros não diferiram significativamente entre os dois sexos, mas pesos diminuiu ($P < 0.05$) com maior tamanho de leitegada (peso a desmama em 60 dias para um único, gêmeos e trigêmeos foi de 24.5 ± 2 , 19.2 ± 3.5 e 14.3 ± 3.8 kg). A taxa de sobrevivência de cordeiros KC foi de 61% e este foi significativamente menor do que a taxa de sobrevivência dos cordeiros de outras raças (76 e 84% para KT e KH). Peso ao nascer foi negativamente relacionado à taxa de sobrevivência. Concluiu-se que o uso de Hampshire carneiros em Katahdin ovelhas oferecem uma boa alternativa à carne produção de ovinos mestiços porque este

lâmpadas se destacou tanto no creep feeding crescimento e taxa de sobrevivência mais cordeiros descendentes KC e KT.

Palavras-chave: Peso ao nascer, peso à desmama, Charolais, Texel, Hampshire

INTRODUCTION

As sheep operations continue to get more intensified in Mexico, it becomes increasingly important that the efficiency of the production of sheep meat be increased. Crossbreeding is one method of improving lamb production efficiency, but the Mexican sheep industry has yet to determine an optimum production system for profitability or what specific breeds and breed crosses will result in the most profitable enterprise under intensive conditions. The introduction of a number of sheep breeds in Mexico in recent decades has contributed to improve productivity of indigenous breeds (Bores-Quintero *et al.*, 2002; Cuéllar, 2007).

Katahdin is one of this introduced breeds which has had a great dissemination in Mexico because of its easy care lamb production, tolerance to internal parasites (Burke and Miller, 2004), resistance to harsh environments (Marai *et al.*, 2007; Notter, 2000), good fertility and capacity to reproduce in spring (Burke, 2005; González-Godínez *et al.*, 2014) and good efficiency of forage utilization (Wildeus *et al.*, 2005, 2007; Brown *et al.*, 2012). However, Katahdin sheep as all other hair sheep are generally smaller in size and have lower growth rates than more traditional wool sheep (Wildeus *et al.*, 2007). Thus crossbreeding between hair

sheep and sheep with superior growth and meat type to increase lamb production seems to be a feasible alternative to increase sheep productivity, as it has been demonstrated by a limited studies in Mexico (Partida de la Peña *et al.*, 2009; Vázquez-Soria *et al.*, 2011).

Liveweight of lambs is one of the major factors determining the total kg of lamb weaned or marketed from a sheep flock, therefore, improvement in total weight of lamb weaned is important to Katahdin producers because sale of meat is the primary source of income. This aspect is becoming more important nowadays because intensive sheep operations are rapidly increasing in Mexico. Crossbreeding programs have not always been properly applied and thus they have caused a high variation in the genetic arrangement of flocks focused on meat production. To elucidate the outcome of a crossbreeding program before implementation, this research was undertaken to evaluate growth traits of lambs coming from crossing Katahdin females with specialized meat breeds such as Charolais, Hampshire and Texel.

MATERIAL AND METHODS

This study was carried out in a commercial sheep farm in central Mexico (20°N, 550 mm rainfall, 1940 m above sea level; 16°C annual median temperature) between September and November 2012. One hundred and twenty eight multiparous Katahdin (K) ewes, were separated into 3 groups. Estrus of all ewes were synchronized with intravaginal sponges containing 20 mg fluorogestone acetate (Chronogest®, Intervet, Mexico) for 12 days. Ewes in estrus were detected with the use of intact rams wearing an apron to prevent intromission. Ewes in estrus were inseminated in the uterus, 12 hours after the beginning of

estrus, with non-frozen semen (laparoscopy) using semen from Texel (N=6), Hampshire (n=6) and Charolais (n=5) rams. Ninety two ewes lambed and a total of 152 crossbred lambs were born (53 Texel, 43 Hampshire and 56 Charolais).

Late pregnant ewes were kept in lambing pens for better care up to lambing and lambs were kept together with their dams in these pens. At birth, new-born lambs and their mothers were housed in roofed pens with no bedding. All lambs were weighed within 12 h after birth using a platform scale weighing from 0 to 20 kg and reading to 0.1 kg. Lambs were again weighed individually at 30 and 60 days of age. Average daily gains (ADG) from birth to 30 days and 30 to 60 days were registered. Lambs were ear tagged at birth and birth date, type of birth and sex were recorded. Lamb mortality was recorded as number of lambs born dead or born alive but which died within the 60 days postlambing. All lambs were offered ad libitum a total-mixed creep diet meeting NRC (2007) recommendations for maximum growth rate (2.90 Mcal of ME/kg DM with 20% CP; Lamb Tech, Purina®, Salamanca, Mexico) by approximately 14 d of age and until weaning at 60 days.

Lamb survival was defined in this paper as the number of lambs weaned per 100 lambs born (dead and alive) ($LW/LB \times 100$). The lamb survival trait was coded 0=dead if any lamb recorded at birth subsequently had no live weight recorded at 60 days, and 1=alive, if it survived at 60 days so that a binomial analysis of this trait could be used.

Growth data were analyzed with the MIXED procedure of SAS (SAS Inst., Inc., Cary, NC). The model for traits measured on lambs fit effects of breed, sex, litter size and three two-way interactions between variables; the non-significant

interactions were removed from the final model. Means of variables analyzed were compared using the probability of a statistical difference (PDIFF option of SAS).

Regarding survival of lambs to 60 days of age (yes/no), a preliminary analysis of the data was carried out to detect and remove from the model variables not statistically related to lamb mortality. For this purpose a multiple logistic regression using SAS software (SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA) was carried out to assess the statistical significance of genotype group (KCH, KH and KT), gender (male or female) litter size (one to three offspring) and single interactions. The backward stepwise procedure was used with the log-likelihood ratio and the criteria $P= 0.05$ to enter and $P= 0.10$ to remove. This preliminary stepwise selection did not identify gender as prognostic factors for lamb mortality, and consequently it was removed from the model. Birth weight was grouped into 3 categories: <3.5, 3.5-4.5, and >4.5 kg. Statistical differences were considered significant at $P < 0.05$.

RESULTS AND DISCUSSION

Analyses of traits included in this study revealed that no simple interactions were statistically significant for any trait. Therefore, only main effects are described. Different to other studies with hair sheep (Freking and Leymaster, 2004; Osorio-Avalos *et al.*, 2012) the breed of sire effect was not significant for birth weight (Table 1). Likewise, weaning weights were similar ($P > 0.10$) among the breed types, but KH lambs had higher ($P < 0.05$) daily weight gain from birth to weaning than KT, and KCH lambs (Table 1). Birth weights of lambs, regardless of genetic group was much higher than the 3.3-3.7 kg reported for purebred

Katahdin lambs from well-fed mothers (Burke *et al.*, 2003; Hinojosa-Cuellar *et al.*, 2009; Lopez-Carlos *et al.*, 2010). On the other hand, birth weight of purebred Texel and Charolais lambs observed in other studies (Christley *et al.*, 2003; Yaqoob *et al.*, 2004) are higher than values found in the present study for Texel and Charolais-sired lambs. Thus, It seems that the use of meat-type sires on katadhine ewes resulted in an intermediate birth weight of lambs between katahdin and meat-type breed of lambs, as it has been observed in other studies (do Prado *et al.*, 2013; Rios-Utrera *et al.*, 2014). Also, clearly there was not a genetic component accounting for some of the variation in birth weight of these lambs.

Table 1. Growth performance characteristics for the progeny sired by Katahdin (K), Charolais (C) and Texel (T) on Katahdin ewes under intensive conditions in central Mexico. Values are means \pm SD.

Item	Birth weig ht, kg	30-d weigh t, kg	60-d weigh t, kg	Weight gain 0-30 days, g	Weight gain birth to weanin g, g
Breed					
KC	4.0 \pm 1.1 ^a	11.3 \pm 2.4 ^a	19.9 \pm 4.3 ^a	243 \pm 63 ^a	272 \pm 76 ^a
KH	4.3 \pm 0.9 ^a	11.5 \pm 2.4 ^a	20.8 \pm 4.3 ^a	241 \pm 68 ^a	310 \pm 65 ^b
KT	4.0 \pm 1.1 ^a	10.7 \pm 2.6 ^a	18.2 \pm 4.2 ^a	224 \pm 67 ^a	269 \pm 69 ^a
Gender					

Female	3.9 ± 1.0 ^a	11.0 ± 2.2 ^a	19.4 ± 3.9 ^a	235 ± 61 ^a	275 ± 72 ^a
Male	4.2 ± 1.0 ^a	11.3 ± 2.7 ^a	20.1 ± 4.8 ^b	237 ± 72 ^a	291 ± 72 ^a
Litter					
size					
1	4.8 ± 0.9 ^a	13.9 ± 1.9 ^a	24.5 ± 2.6 ^a	302 ± 53 ^a	340 ± 58 ^a
2	4.1 ± 0.8 ^b	10.8 ± 1.9 ^b	19.2 ± 3.5 ^b	225 ± 58 ^b	278 ± 61 ^b
3	2.7 ± 0.7 ^c	8.2 ± 1.3 ^c	14.3 ± 3.8 ^c	183 ± 45 ^c	207 ± 85 ^c

^{a,b,c} Means in same column with unlike superscripts within same category differ (P<0.05).

Contrary to expectation, gender of lamb was not a significant source of variation for birth and weaning weight, as well as preweaning daily gain. Results of the present study do not agree with those from various other reports indicating that ram lambs grow faster than wethers (García-Osorio *et al.* 2013; Rios-Utrera *et al.*, 2014), but a number of reports indicate no differences in weight and daily gain between males and females hair lambs (Rastogi *et al.*, 2001; Hinojosa-Cuéllar *et al.*, 2012).

ADG from birth to weaning was superior for KH lambs (P < 0.05), while KCH and KT lambs were not different (P > 0.05). The ADG is a common measurement of growth and it is a practical measurement to increase profitability in sheep farms, because it is easy to record, compared with other selection criteria, that includes feed intake, and it has a high genetic and phenotypic correlation with feed efficiency (Cammack *et al.*, 2005). The preweaning ADG was higher to that of Moreno-Cáñez *et al.* (2013) and Macías-

Cruz *et al.* (2012) and Vázquez-Soria *et al.* (2011) for pure or crossbred Katahdin lambs in intensive systems in central and northern Mexico.

Table 2. Odds ratios and 95% confidence intervals for various explanatory variables for survival rates of the progeny sired by Katadhin (K), Charolais (C) and Texel (T) on Katahdin ewes under intensive conditions in central Mexico.

Variable	Survival rate (%)	Odds ratio (OR)	95% CI OR
Breed			
KC vs KT	60.7 (34/56) vs 75.7 (40/53)	1.45	0.57 - 3.70
KH vs KT	83.7 (36/43) vs 75.7 (40/53)	0.45	0.13 - 1.49
Litter size			
1 vs 3	71.0 (22/31) vs 64.7 (11/17)	8.54	1.51 - 48.27
2 vs 3	74.0 (77/104) vs 64.7 (11/17)	3.58	0.87 - 14.74
Birth weight			
<3.5 vs >4.5 kg	46.2 (18/39) vs 91.2 (52/57)	27.39	6.78 - 110.68
3.5-4.5 vs >4.5 kg	71.4 (40/56) vs 91.2 (52/57)	5.52	1.65 - 18.52

Similar to findings in multiple previous studies, in this study lambs coming from higher litter sizes had lower ($P < 0.05$) birth weights than single-born lambs across all other breed groups (Table 1). Lamb characteristics at birth were in agreement with Godfrey *et al.* (1997) and Osorio-Avalos *et al.* (2012), who reported that single born lambs are heavier at birth and grow faster than twins

and triplets. The breed by type of birth interaction was not significant, therefore, the reduction in birth weight of multiple-born lambs compared to single-born lambs was 2.1 kg for all breeds.

Overall, 27.6% of the lambs (42/152) died before they reached 60 days of age. This figure is much higher than that observed by authors with other well-fed hair lambs (Ulises-Macias *et al.*, 2012; Knights *et al.*, 2012). The extent of perinatal mortality depends on multiple factors, in the present study a great deal of deaths were due to distocic parturition, and this condition is associated with increased risk of losing lamb (Holmøy *et al.*, 2014; Hinch and Brien, 2014).

Birth weight as a risk factor influencing mortality to different lamb ages are shown in Table 2. The survival rate was highest in KT lambs and lowest in KCH. The Likelihood of survival up to 60 days of age was about half for KCH than that of KT lambs. KH lambs were 2.9 times more likely to survive to 60 days of age than KT lambs. It is not quite clear the marked effect of genotype on lamb survival, as heritability for lamb survival is extremely low (Hatcher *et al.* 2010; Brien *et al.*, 2010).

The most important risk factor associated with mortality of lambs was birth weight. The odds of surviving to 60 days of age were 8.5 times greater in single-born lambs compared with multiple-born. Survival rate of lambs at 60 days of age followed the expected trend (Mukasa-Mugerwa *et al.*, 1994; Christley *et al.*, 2003) with more losses involving lambs from triplets than double or single-born lambs. This study shows that selection programs for increased birth weights in the crossbred animals used in the present study would reduce lamb mortality. The mortality rate was not higher in male than in female lambs, which is not in

line with the majority of studies with hair sheep (Holmøy et al., 2012; Hinch and Brien, 2014).

CONCLUSIONS

Results indicated that, under the intensive conditions of the present study, the specialized meat breeds Hampshire may be used in Katahdin flocks to incorporate substantial crossbred advantage for both growth traits and survival rate of lambs.

REFERENCES

- BORES-QUINTERO, R.F.; VELAZQUEZ-MEDRANO, P.A.; HEREDIA-AGUILAR, M. Evaluation of terminal breed in commercial breeding schemes with F1 hair sheep. *Tec. Pec. Mex.*, v.49. p.71-79, 2002.
- BRIEN, F.D.; HEBART, M.L.; SMITH, D.H.; HOCKING-EDWARDS, J.E.; GREEFF, J.C.; HART, K.W.; REFSHAUGE, G.; BIRD-GARDINER, T.L.; GAUNT, G.; BEHRENDT, R.; ROBERTSON, M.W.; HINCH, G.N.; GEENTY, K.G.; VAN DER WERF, J.H.J. Opportunities for genetic improvement of lamb survival. *Anim. Prod. Sci.*, v.50 p.1017–1025, 2010.
- BROWN, M.A.; STARKS, P.J.; GAO, F.Q.; WANG, X.Z.; WU, J.P. Bermudagrass intake and efficiency of utilization in Katahdin, Suffolk, and reciprocal-cross lambs. *Profess. Anim. Scient.*, v.28 p.358–363, 2012.
- BURKE, J.M. Lamb production of Dorper, Katahdin, and St. Croix Bred in summer, winter, or spring in the southeastern United States. *Sheep Goat Res. J.*, v.20 p.51-59, 2005.

BURKE, J.M.; APPLE, J.K.; ROBERTS, W.J.; BOGER, C.B.; KEGLEY, E.B. Effect of breed-type on performance and carcass traits of intensively managed hair sheep. *Meat Sci.*, v.63 p.309–315, 2003.

BURKE, J.M.; MILLER, J.E. Relative resistance to gastrointestinal nematode parasites in Dorper, Katahdin, and ST. Croix lambs under conditions encountered in the southern regions of the United States. *Small Rumin. Res.*, v.54 p.43-51, 2004.

CAMMACK, KM; LEYMASTER, KA; JENKINS, TG; NIELSEN, MK. Estimates of genetic parameters for feed intake, feeding behavior, and daily gain in composite ram lambs *J. Anim. Sci.*, v.83 p.777–785, 2005.

CHRISTLEY, RM; MORGAN, KL; PARKIN, TDH; FRENCH, NP. Factors related to the risk of neonatal mortality, birth-weight and serum immunoglobulin concentration in lambs in the UK. *Prev. Vet. Med.*, v.57 p.209–226, 2003.

CUÉLLAR, A. Perspectivas de la producción ovina en México para el año 2010. *Rev Borrego*, v. 47 p.14-18, 2007.

DO PRADO, T.; FERREIRA, A.; SARAIVA, R.F.; OLIVEIRA, B.; DE MELLO, P.; CARDOSO, C.C.; FERREIRA, G.I.; LOUVANDINI, H.; MCMANUS, C. Performance; survivability and carcass traits of crossbred lambs from five paternal breeds with local hair breed Santa Ines ewes. *Small Rumin. Res.*, v.112 p.28-34, 2013.

GODFREY, R.W.; GRAY M.L.; COLLINS J.R. Lamb growth and milk production of hair and wool sheep in a semi-arid tropical environment. *Small Rumin. Res.*, v.24 p.77–83, 1997.

FREKING, B.A.; LEYMASTER, K.A. Evaluation of Dorset, Finnsheep, Romanov, Texel, and Montadale breeds of sheep: IV. Survival; growth; and carcass traits of F1 lambs. *J. Anim. Sci.*, v.82 p.3144–3153, 2004.

GONZÁLEZ-GODÍNEZ, A; URRUTIA-MORALES, J; GÁMEZ-VÁZQUEZ, HG. Reproductive performance of Dorper and Katahdin ewes bred in spring season in the northern Mexico. *Trop Subtrop Agroecosys.*, v.17 p.123-127, 2014.

HINCH, GN; BRIEN F. Lamb survival in Australian flocks: a review. *Anim. Prod. Sci.*, V.54 p.656-666, 2014.

HINOJOSA-CUELLAR, JA; REGALADO-ARRAZOLA, FM; OLIVAHERNANDEZ, J. Crecimiento prenatal y predestete en corderos Pelibuey; Dorper; Katahdin y sus cruces en el sureste de México. *Rev. Cient. FCV-LUZ*, v.19 p.522–532, 2009.

HOLMØY, I.H.; KIELLAND, C.; STUBSJØEN, S.M.; HEKTOEN, L.; WAAGE, S. Housing conditions and management practices associated with neonatal lamb mortality in sheep flocks in Norway. *Prev. Vet. Med.*, v.107 p.231–241, 2012.

KNIGHTS, M.; SIEW, N.; RAMGATTIE, R.; SINGH-KNIGHTS, D.; BOURNE, G. Effect of time of weaning on the reproductive performance of Barbados Blackbelly ewes and lamb growth reared in the tropics. *Small Rumin. Res.*, 103:205–210, 2012.

HATCHER, S.; ATKINS, K.D.; SAFARI, E. Lamb survival in Australian Merino sheep: a genetic analysis. *J. Anim. Sci.*, v.88 p.3198–3205, 2010.

HOLMØY, I.H.; WAAGE, S.; GRÖHN, Y.T. Ewe characteristics associated with neonatal loss in Norwegian sheep. *Prev. Vet. Med.*, v.114 p.267–275, 2014.

LÓPEZ-CARLOS, M.A.; RAMÍREZ, R.G.; AGUILERA-SOTO, J.I.; ARÉCHIGA, C.F. RODRÍGUEZ, H. 2010. Size and shape analyses in hair sheep ram lambs and its relationships with growth performance. *Livest. Sci.*; v.131 p.203–211, 2010.

MACÍAS-CRUZ, U.; ÁLVAREZ-VALENZUELA, F.D.; OLGUÍN-ARREDONDO, H.A.; MOLINA-RAMÍREZ, L.; AVENDAÑO-REYES, L. Pelibuey ewes synchronized with progestagens and mated with rams from Dorper and Katahdin breeds under feedlot conditions: ewe production and lamb growth during the pre-weaning period. *Arch. Med. Vet.*, v.44 p.29-37, 2012.

MARAI, I.F.M.; EL-DARAWANY, A.A.; FADIEL, A.; ABDEL, H.M.A.M. Physiological traits as affected by heat stress in sheep. A review. *Small Rumin. Res.*, v.71 p.1-12, 2007.

MORENO-CÁÑEZ, E.; ORTEGA-GARCÍA, C.; CÁÑEZ-CARRASCO, M.G.; PEÑÚÑURI-MOLINA, F. Evaluation of post-weaning behavior in feedlot of upcoming stud rams breeds Pelibuey and Katahdin in Sonora. *Tecoc Sonora*, v.7 p.7-16, 2013.

MUKASA-MUGERWA, E.; SAID A.N.; LAHLOU-KASSI, A.; SHERINGTON, J.; MUTIGA, E.R. Birth weight as a risk factor for perinatal lamb mortality, and the effects of stage pregnant ewe supplementation and gestation weight gain in Ethiopian Menz sheep. *Prev. Vet. Med.*, v.19 p.45-56, 1994.

NRC (National Research Council) 2007. Nutrient requirements of small ruminants. Natl. Acad. Press; Washington; DC.

OSORIO-AVALOS, J.; MONTALDO, H.H.; VALENCIA-POSADAS, M.; CASTILLO-JUÁREZ, H.; ULLOA-ARVIZU, R. Breed and breed x environment

interaction effects for growth traits and survival rate from birth to weaning in crossbred lambs. *J. Anim. Sci.*, v.90 p.4239-4247, 2012.

PARTIDA DE LA PEÑA, J.A.; BRAÑA-VARELA, D.; MARTÍNEZ-ROJAS, L. Productive performance and carcass characteristics in Pelibuey sheep and crossbreds (Pelibuey x Suffolk – Dorset). *Téc. Pec. Méx.*, v.47 p.313-322, 2009.

RASTOGI, R.K. Production performance of Barbados blackbelly sheep in Tobago, West Indies. *Small Rum. Res.*, v.41 p.171-175, 2001.

RÍOS-UTRERA, A.; CALDERÓN-ROBLES, R.; LAGUNES-LAGUNES, J.; OLIVA-HERNÁNDEZ, J. Preweaning weight gain in Pelibuey lambs and their crosses with Blackbelly, Dorper and Katahdin. *Nova Sci.*, v.12 p.272–286, 2014.

SCHWULST, F.J.; MARTIN, L.C. Performance of lambs sired by Rambouillet; Tunis; Romanov; and Katahdin rams—three lamb crops. *Rep. Prog. Kansas Agric. Exp. Stat.*, v.728 p.1–7, 1995.

SPENCER, T.E.; BAZER, FW. Uterine and placental factors regulating conceptus growth in domestic animals. *J. Anim. Sci.*, v.82 p.E4-E13.

VÁZQUEZ-SORIA, E.T.; PARTIDA DE LA PEÑA, J.A.; RUBIO-LOZANO, M.S.; MÉNDEZ-MEDINA, D. Productive performance and carcass characteristics in lambs from crosses between Katahdin ewes and rams from four specialized meat breeds. *Rev. Mex. Cienc. Pec.*, v.2 p.247-258, 2011.

WILDEUS, S. Hair sheep genetic and their contribution to diversified small ruminant production in the United States. *J. Anim. Sci.*, v.75 p.630-640, 1997.

WILDEUS, S.; TURNER, K.E.; COLLINS, J.R. Growth performance of Barbados Blackbelly; Katahdin and St. Croix hair sheep lambs fed pasture- or hay-based diets. *Sheep Goat Res. J.*, v.20 p.37-41, 2005.

WILDEUS, S.; TURNER, K.E.; COLLINS, J.R. Growth; intake; diet digestibility, and nitrogen use in three hair sheep breeds fed alfalfa hay. *Small Rumin. Res.*, v.69 p.221–227, 2007.

YAQOOB, M.; MERRELL, B.G.; SULTAN, J.I. Comparison of three terminal sire breeds for birth weight of lambs kept under upland grassland conditions in the northeast of England. *Pakistan Vet. J.*, v.24 p.196-198, 2004.

Table 3. Odds ratios and 95% confidence intervals for various explanatory variables for survival rates of the progeny sired by Katadhin (K), Charolais (C) and Texel (T) on Katahdin ewes under intensive conditions in central Mexico.

Variable	Survival rate (%)	Odds ratio (OR)	95% CI OR
Breed			
KC vs KT	60.7 (34/56) vs 75.7 (40/53)	1.45	0.57 - 3.70
KH vs KT	83.7 (36/43) vs 75.7 (40/53)	0.45	0.13 - 1.49
Litter size			
1 vs 3	71.0 (22/31) vs 64.7 (11/17)	8.54	1.51 - 48.27
2 vs 3	74.0 (77/104) vs 64.7 (11/17)	3.58	0.87 - 14.74
Birth weight			
<3.5 vs >4.5 kg	46.2 (18/39) vs 91.2 (52/57)	27.39	6.78 - 110.68

Artículo II

The effect of non-genetic factors on birth weight and weaning weight in Dorper sheep managed intensively in Central Mexico

Abstract

The objective of this study was to establish the non-genetic factors which affect growth traits in Dorper lambs under intensive conditions. 990 birth weight records and 851 weaning weight data from a commercial sheep farm from 2006 through 2010 were used. A model containing the effects of year of birth, season of birth, birth status, dam's age and gender was used for identification of factors affecting growth traits. Year of birth affected ($P < 0.05$) birth weight of Dorper lambs (range 3.5 ± 0.8 - 4.0 ± 0.6 kg). Birth weight was highest ($P < 0.05$) in summer (4.0 ± 0.7 kg) and lowest in winter and spring (3.7 ± 0.8 kg). Male lambs excelled females in birth weight (3.9 ± 0.7 vs. 3.7 ± 0.8 kg), weaning weight (33.4 ± 5.8 vs. 31.3 ± 5.4 kg) and average daily gain (ADG) (328 ± 63 vs. 309 ± 57 g). Young dams produced offspring with a lower ($P < 0.05$) birth weight (3.6 ± 0.8 vs 3.9 ± 0.8 kg) and weaning weight (30.9 ± 5.8 vs 32.3 ± 5.9 - 33.6 ± 5.4 kg) than older

ewes. Lambs born as singles were 0.6 kg heavier ($P < 0.05$) than twins and 1.6 kg heavier than triples. Likewise, lambs born as singles were significantly heavier ($P < 0.05$) at weaning (35.1 ± 5.3 vs 32.2 ± 5.9 , 28.4 ± 6.0 and 25.7 ± 3.7 kg) and had greater ADG (354 ± 5.3 vs 315 ± 57 , 278 ± 62 and 255 ± 40 g) than twins, triples and quadruplets. In conclusion, important influences of environmental factors on growth traits were identified for Dorper lambs. Thus, corrections for environmental effects are necessary to increase accuracy of direct selection for growth traits of Dorper sheep under intensive conditions.

Key words: Birth weight, weaning weight, pre-weaning weight gain, growth traits

Introduction

The importance of sheep production as a source of meat in Mexico has been increasing during recent years, particularly in tropical areas and the central temperate zone of the country (Montaldo et al., 2011; Osorio-Avalos et al., 2012). This production of mutton has experienced changes regarding the use of introduced meat breeds, in order to increase growth rate of lambs (Pérez-Hernández et al., 2011; Rios-Utrera et al., 2014). In the last decade the production of crossbred lambs has increased, using native Pelibuey and Criollo as maternal breeds and the Dorper and Katahdin as Sires (Hinojosa-Cuellar and Oliva-Hernández, 2009, Hinojosa-Cuellar et al., 2013). Dorper rams have demonstrated to work well as terminal meat sires because they produce lambs whose pre-weaning growth rate, post-weaning average daily gain (ADG) and feed efficiency, and carcass characteristics are similar to that of Suffolk crossbred lambs and purebred Columbia lambs but with a slight improvement in tenderness (Snowder and Duckett, 2003).

Thus, there is a great demand for Dorper sheep to improve the growth performance of lambs, which is an important trait that determines the overall productivity of the flock. Also, Dorper sheep as a purebred have increased in the past few years due to its superior conformation, high survival of lambs to weaning, high mother ability (Kosgey et al., 2008), the ability to breed out of season (Burke, 2005) and superior rates of gain and carcass characteristics relative to some wool (Cloete et al., 2000; Schoeman, 2000) and hair (Wildeus, 1997) sheep breeds. Breeders of Dorpers under intensive conditions focus on conformation, fertility, masculinity and femininity to ensure that Dorpers can be the basis for a productive and economical lamb producing industry. Studies on non-genetic factors influencing growth traits of Dorper sheep are few for sheep reared under intensive conditions and bred in all seasons of the year in Mexico. Birth weight as an early measurable trait is of great interest because of its positive genetic correlation with further live weights and weaning weight is the most important economic traits determining economic returns from in commercial sheep flocks. A number of non-genetic factors affect growth of lambs and interfere with the objective evaluation of the growth genetic potential of lambs. Adjustment of data for non-genetic factors affecting growth potential are necessary to obtain reliable estimates for important economic traits and to increase the accuracy of selection of seed stock animals. Therefore, the objective of this study was to evaluate non-genetic factors affecting the growth traits of purebred Dorper sheep under intensive conditions in central Mexico.

Material and methods

Data were obtained on purebred Dorper sheep raised on a large commercial farm in central Mexico (19° N, 1,240 m of altitude, mean annual temperature is 21.5° C and mean annual precipitation is 623 mm). Birth (n= 990) and weaning (n= 851) weights were registered in Dorper lambs born during 2006 to 2010, inclusive. Matings occurred throughout the year, therefore parturitions occurred in all seasons of the year.

All lambs were raised as either singles or multiples and had a pelleted, commercial, creep feed available ad libitum. Diets for the lambs consisted of a pelleted feed (2.99 Mcal of ME/kg DM with 20% CP; Lamb Tech, Purina®, Salamanca, Mexico). Young lambs were allowed to suckle freely through the day and they remained with their mothers for 24 hours up to weaning. Lambs were weaned at an average of 88 ± 2.6 days of age and weights were recorded. The individual weaning lamb weight was corrected to 90 days of age by using the following equation:

$$\text{Corrected weight} = \frac{(\text{actual weight} - \text{birth weight})}{\text{actual age in days}} \times 90 + \text{birth weight}$$

Ewes were maintained as one group in an Orchardgrass (*Dactylis glomerata*) pasture throughout gestation. Ewes were supplemented with 300 g/day concentrate (Ovina 14; Purina®, Salamanca, Mexico) and alfalfa hay ad libitum from the third month of gestation until the end of lactation. Traits studied were

birth weight, weaning, and ADG. Fixed environmental factors investigated were year of birth, season of birth, type of birth, age of dam, and gender.

Statistical analysis

Birth and weaning weights as well as growth data were analyzed with the MIXED procedure of SAS (SAS Inst., Inc., Cary, NC). The model for traits measured on lambs fit effects of year of birth (5), season of birth (4), age of dam (3 categories) gender, litter size (4 categories) and two-way interactions between variables; the non-significant interactions were removed from the final model. Birth weight was fitted as a covariate for ADG analysis. Means of variables analyzed were compared using the probability of a statistical difference (PDIFF option of SAS). Statistical differences were considered significant at $P < 0.05$.

Results and Discussion

Birth weight

The birth weight of Dorper lambs in the present study is similar to that found by other researchers under pasture conditions (Neser et al., 2001; Hinojosa-Cuéllar et al., 2013). Year of birth had a significant effect on birth weight, producing shifts in this trait of up to 0.5 kg (Table 1). These effects occurred despite no obvious difference in flock management, nutrition and health practices. It is well established that year of birth causes variations on weight and performance of lambs due to climatic variations (rate of rainfall, humidity, and temperature) that affect the quality and quantity of pasture forage in different years and management during pregnancy as well as occurrence of diseases (Segura et al., 1996; Gardner et al., 2007). The significant influence of year on birth weight of

lamb obtained here is in agreement with results from previous studies in other countries in different breeds of sheep (Dixit et al., 2001; Gardner et al., 2007). There was also a significant interaction between the year and season of birth ($P<0.01$), between year of birth and gender of lamb ($P<0.01$), between year of birth and age of dam and between year of birth and litter size ($P<0.01$). Means for year-season interactions ranged from 3.1 ± 0.7 kg in summer of 2007 to 4.1 ± 0.6 kg in the summer of 2006.

Mean birth weight was highest ($P<0.05$) in summer and lowest in winter and spring. The lower body weights of winter and spring-born lambs emphasize the need to provide supplementary feed and adequate management for these lambs at the beginning of winter. Multiple studies have shown the strong influence of season on birth weight of lambs of all breeds (Dixit et al., 2001; Yilmaz et al., 2007; Rosov and Gootwine, 2013).

As expected, males were, on average, 200 g heavier at birth than female lambs ($P<0.01$). A great number of authors have documented this result in sheep (Makita et al., 2003; Afolayan et al., 2006), which is due to the fact that males grow faster than respective females in utero (Loos et al. 2001). Means for the interaction ($P<0.01$) between year of birth and gender of lamb ranged from 3.4 ± 0.7 kg (females born in 2010) to 4.2 ± 0.6 kg (males born in 2006). Other significant interactions detected were gender x litter size and gender x age of dam.

Litter size was the most important factor affecting birth weight of lambs. Lambs born as singles were 0.6 kg heavier ($P<0.05$) than twins, 1.6 kg heavier than triples and 1.9 kg heavier than quadruples. The maternal uterine space has a

finite capacity to gestate offspring, and as litter size increases individual birth weights decline (Gluckman and Hanson, 2004). The standard deviation for birth weight decreased with increasing litter size, indicating that the compact uterine space limits variance in birth weight. Means for the interaction ($P < 0.01$) between season of birth and litter size ranged from 2.3 ± 0.6 kg (quadruplets born in fall) to 4.4 ± 0.7 kg (singles born in summer).

Young ewes (<20 months of age) produce lambs that were 300 g lighter ($P < 0.05$; Table 1) at birth than ewes >20 months of age. Primiparous ewes are growing during gestation and complement their growth in addition to fetus growth, and that affects lamb weight. Additionally, as ewes grew older their uterus gets larger which allows to allocate more nutrients to the nourishment of lambs in the uterus than immature ewes. The same results have been amply documented by other researchers (Gardner et al., 2007; Petrovic et al., 2011).

Weaning weight adjusted to 90 days

Year of birth affected in an important ($P < 0.01$) manner weaning weight of lambs (Table1). In addition, significant interactions existed between year and season of birth ($P < 0.01$), between year of birth and sex ($P < 0.01$) and between year of birth and age of dam at birth ($P < 0.05$). The significant influence of year of birth in the present study agrees with results of previous studies at various locations in different breeds of sheep (Assan and Makuza, 2005; Bermejo et al., 2010). Differences in lamb performance between years reflect variation in the

environment (variation of quantity and quality of herbage available), which cannot be controlled.

Season of year affected ($P < 0.01$) weaning weight with the lowest weights being for lambs born in winter. Thus, external environment or climate during early growth may have influenced overall pre-weaning growth rate, as it has been observed in a variety of sheep breeds (Rastogi, 2001; Yilmaz et al., 2007). Gender of lamb was an important ($P < 0.01$) factor affecting weaning weight of lambs with males being 2.1 kg heavier at weaning than females. Significant effects of lamb sex on weaning weight traits have been reported in various sheep breeds (Fogarty et al., 2005; Hopkins et al., 2005).

It is well documented that single lambs are heavier at weaning than twins (Yilmaz et al., 2007; Mohammadi et al., 2010). In the present study single born lambs weighed 9.4 more kg than quadruplets. This result shows that this advantage of single over multiple lambs is partly due to the birth weight advantage possessed by single-born lambs. Average weaning weight increased linearly with increased age of dam, which is in line with findings of other researchers (Momany-Shaker et al., 2002; Benyi et al., 2006). It is well-known that mothering ability (e.g., milk yield) increases with parity, and older ewes are usually larger in body size and produce more milk, which explain the greater weaning weights of lambs from older dams.

Pre-weaning daily weight gain

The average pre-weaning ADG of 319 ± 62 g for Dorper lambs in this study is higher than the 240-280 g published values by Cloete et al. (2000), Schoeman (2000) and Naser et al. (2001) for Dorper flocks from a widely different

production systems. This indicates that sheep in the present study had very favorable conditions in nutrition and management compared to other studies where suboptimal conditions prevailed. Both year and season of birth had marked effects on pre-weaning ADG (Table 1). Lambs born in spring grow faster than those born in winter. Numerous studies have documented the important influence of year and season for pre-weaning daily weight gain in lambs (Hassen et al., 2004).

The only significant interaction observed for this trait was year x season of birth, which may indicate variation in quantity and quality of feed across seasons and years, which can be directly connected to the amount of precipitation and its distribution. Moreover, changes in the occurrence of disease and management have a marked influence on growth performance of lambs.

Birth type imparted the greatest barrier on pre-weaning growth of any of the environmental factors studied. The comparative growth rates of lambs born as singles and as multiples are presented in Table 1. The differences between singles and twins, twins and triples and triplets and quadruplets were significant, which coincides with a number of studies in different breeds and management system (Rastogi, 2001; Rios-Utrera et al., 2014; Teklebrhan et al., 2014). This is explained in part by competition for suckling between multiple birth lambs during the birth to weaning period.

Lambs out of young ewes (<20 months) grew slower ($P < 0.001$) than ewes > 20 months of age. This is explained by the fact that young ewes that had not reached adult size continue to grow and thus muscle synthesis compete with milk synthesis for available nutrients, and thus less milk is available for suckling

lambs. It is well-known that mothering ability (e.g., milk yield) increases with parity, and older ewes are usually larger in body size and produce more milk. This response has been amply documented with other sheep breeds in different environments (Momany-Shaker et al., 2002; Mohammadi et al., 2010; Rashidi et al., 2008).

Several researchers (Macit et al., 2001; Mohammadi et al., 2010, Bermejo et al., 2010) have shown that male lambs grow faster than female lambs before weaning. The present study confirms these findings and indicates that part of the advantage of male lambs in pre-weaning weight gains results from the larger birth weights of males. Thus, heavier lambs at birth indicate rapid growth rates which are expressed prenatally and which result in faster growth rates.

Conclusions

The present paper shows that the single greatest effect on birth and weaning weight as well as pre-weaning weight gain of Dorper lambs was litter size. Further, significant effects on birth weight were found to be year of birth, age of dam and sex of the lamb. These results have practical implications not only for the husbandry of the sheep as an economical commodity, but also for the increased knowledge of factors that significantly influence variation in growth traits in Dorper sheep in central Mexico.

References

Afolayan, R.A., Adeyinka, I.A. and Lakpini, C.A.M. 2006. The estimation of live weight from body measurements in Yankasa sheep. Czech J. Anim. Sci. 51: 343–348.

- Benyi, K., Norris, D., Karbo, N. and Kgomo, K.A. 2006. Effects of genetic and environmental factors on pre-weaning and post-weaning growth in West African crossbred sheep. *Trop. Anim. Health Prod.* 38: 547-554.
- Bermejo, L.A., Mellado, M., Camacho, A., Mata, J., Arévalo, J.R. and de Nascimento, L. 2010. Factors influencing birth and weaning weight in Canarian hair lambs. *J. Appl. Anim. Res.* 37: 273-275.
- Cloete, S. W., M. A. Snyman, and M. J. Herselman. 2000. Productive performance of Dorper sheep. *Small Rumin. Res.* 36: 119-135.
- Dixit, S.P., Dhillon, J.S. and Singh, G. 2001. Genetic and non-genetic parameter estimates for growth traits of Bharat Merino lambs. *Small Rumin. Res.* 43: 101–104.
- Fogarty, N.M., Ingham, V.M., Gilmour, A.R., Cummins, L.J., Gaunt, G.M., Stafford J., Hocking Edwards, J.E. and Banks, R.G. 2005. Genetic evaluation of crossbred lamb production. 1. Breed and fixed effects for birth and weaning weight of first-cross lambs, gestation length, and reproduction of base ewes. *Crop Past. Sci.* 56: 443–453.
- Gardner, D.S., Buttery, P.J., Daniel, Z., Symonds, M.E. 2007. Factors affecting birth weight in sheep: maternal environment. *Reproduction*, 133: 297–307.
- Gluckman, P.D. and Hanson, M.A. 2004. Maternal constraint of fetal growth and its consequences. *Sem. Fetal Neonat. Med.* 9: 419–425.
- Hassen, Y., Sölkner, J. and Fuerst-Waltl, B. 2004. Body weight of Awassi and indigenous Ethiopian sheep and their crosses. *Small Rumin. Res.* 55: 51–56.

- Hinojosa-Cuéllar, J.A. and Oliva-Hernández, J. 2009. Distribución de partos por estación en ovejas de razas de pelo y cruces en un ambiente tropical húmedo. *Revista Científica, FCV-LUZ*, 19: 288-294.
- Hinojosa-Cuéllar, J.A., Oliva-Hernández, J., Torres-Hernández, G. and J.C. Segura-Correa. 2013. Productive performance of F1 Pelibuey x Blackbelly lambs and crosses with Dorper and Katahdin in a production system in the humid tropic of Tabasco, México. *Arch. Med. Vet.* 45: 135-143.
- Hopkins, D.L., Stanley, D.F., Martin, L.C. and Gilmour, A.R. 2005. Genotype and age effects on sheep meat production 1. Production and growth. *Anim. Prod. Sci.* 47: 1119–1127.
- Kosgey, I.S., Rowlands, G.J., Van Arendonk, J.A.M. and Baker, R.L., 2008. Small ruminant production in small holder and pastoral/extensive farming systems in Kenya. *Small Rumin. Res.* 77: 11-24.
- Loos, R.J., Derom, C., Eeckels, R., Derom, R. and Vlietinck, R. 2001. Length of gestation and birthweight in dizygotic twins. *Lancet* 358: 560–561.
- Macit, M., Karaoglu, M., Esenbuga, N., Kopuzlu, S. and Dayioglu, H. 2001. Growth performance of purebred Awassi, Morkaraman and Tushin lambs and their crosses under semi-intensive management in Turkey. *Small Rumin. Res.* 41: 177-180.
- Makita, O., van Wyk, J.B., Erasmus, G.J. and Baker, R.L. 2003. A description of growth, carcass and reproductive traits of Sabi sheep in Zimbabwe. *Small Rumin. Res.* 48: 119–126.

- Mohammadi, K., Beygi-Nassiri, M.T., Fayazi, J. and Roshanfekar, M. 2010. Investigation of environmental factors influence on pre-weaning growth traits in Zandi lambs. *J. Anim. Vet. Adv.* 9: 1011-1014.
- Momany-Shaker, M., Abdullah, A.Y., Kridli, R.T., Sada, I., Sovjak, R. and Muwalla, M.M. 2002. Effect of crossing indigenous Awassi sheep breed with mutton and prolific sire breeds on the growth performance of lambs in a subtropical region. *Czech J. Anim. Sci.* 47: 239–246.
- Montaldo, H.H., Flores-Serrano, C., Sulaiman, Y., Osorio-Avalos, J., Ortiz-Hernández, A. and Angulo-Mejorada, R.B. 2011. Growth and reproductive performance of Poll Dorset and Suffolk sheep under intensive conditions. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 2: 359-369.
- Neser, F.W.C, Erasmus, G.J. and van Wyk, J.B. 2001. Genetic parameter estimates for pre-weaning weight traits in Dorper sheep. *Small Rumin. Res.* 40: 197–202.
- Osorio-Avalos, J., Montaldo, H.H., Valencia-Posadas, M., Castillo-Juárez, H. and Ulloa-Arvizu, R. 2012. Breed and breed × environment interaction effects for growth traits and survival rate from birth to weaning in crossbred lambs. *J Anim. Sci.* 90: 4239-4247.
- Pérez-Hernández, P., Vilaboa-Arroniz, J., Chalate-Molina, H., Candelaria-Martínez, B., Díaz-Rivera, P. and López-Ortiz, S. 2011. Descriptive analysis of sheep production systems in the state of Veracruz, Mexico. *Rev. Cient. FCV-LUZ*, 21: 327-334.

- Petrovic, M.P., Ruzic-Muslic, D., Caro-Petrovic, V. and Maksimovic, N. 2011. Influence of environmental factors on birth weight variability of indigenous Serbian breeds of sheep. *African J. Biotechnol.*, 10: 4673-4676.
- Rashidi, A., Mokhtari, M.S., Safi-Jahanshahi, A. and Mohammad-Abadi, M.R. 2008. Genetic parameter estimates of pre-weaning growth traits in Kermani sheep. *Small Rumin. Res.* 74: 165-171.
- Rastogi, R.K. 2001. Production performance of Barbados Blackbelly sheep in Tobago, West Indies. *Small Rumin. Res.* 41: 171-175.
- Rosov, A. and Gootwine, E. 2013. Birth weight and pre- and postweaning growth rates of lambs belonging to the Afec-Assaf strain and its crosses with the American Suffolk. *Small Rumin. Res.* 113: 58–61.
- Schoeman, S.J. 2000. A comparative assessment of Dorper sheep in different production environments and systems. *Small Rumin. Res.* 36: 137-146.
- Snowder, G.D. and Duckett, S.K. 2003. Evaluation of the South African Dorper as a terminal sire breed for growth, carcass, and palatability characteristics. *J. Anim. Sci.* 81: 368–375.
- Teklebrhan, T., Urge, M., Mekasha, Y. and Baissa, M. 2014. Pre-weaning growth performance of crossbred lambs (Dorper x indigenous sheep breeds) under semi-intensive management in eastern Ethiopia. *Trop. Anim. Health Prod.* 46: 455-460.
- Yilmaz, O., Denk, H. and Bayram, D. 2007. Effects of lambing season, sex and birth type on growth performance in Norduz lambs. *Small Rumin. Res.* 68: 336–339.

Wildeus, S. 1997. Hair sheep genetic resources and their contribution to diversified small ruminant production in the United States. *J. Anim. Sci.* 75: 630–640.

Table 4. Least squares means and standard errors for birth weight, 90 d-weaning weight and daily weight gain from birth to weaning for Dorper sheep reared in confinement. Values are means \pm standard deviation.

	Birth weight, kg			Weaning weight, kg*			Daily gain, g		
	No	Mean	SD	No	Mean	SD	No	Mean	SD
Overall means	990	3.8	0.8	851	32.3	5.8	854	319	62
Year									
2006	77	4.0a	0.6	77	30.4c	6.6	77	302c	52
2007	228	3.7c	0.9	211	30.4c	6.3	211	297c	65
2008	271	3.8bc	0.7	259	32.7b	6.2	262	322b	68
2009	235	3.9ab	0.7	191	34.7a	4.3	191	343a	46
2010	179	3.5d	0.8	113	32.6b	3.7	113	322b	52
Season									
Winter	282	3.7b	0.8	224	31.2c	6.0	224	306c	66
Spring	253	3.7b	0.8	224	33.5a	4.3	224	334b	52
Summer	220	4.0a	0.7	216	32.5ab	5.2	216	317a	54
Fall	235	3.8b	0.9	187	32.0bc	7.2	190	318a	71
Gender									
Male	496	3.9a	0.7	434	33.4a	5.8	437	328a	63
Female	494	3.7b	0.8	411	31.3b	5.4	416	309b	57

Litter size									
1	227	4.3a	0.8	203	35.1a	5.3	203	354a	53
2	634	3.7b	0.7	538	32.2b	5.4	538	315b	57
3	106	3.1c	0.8	93	28.4c	6.0	93	278c	62
4	23	2.4d	0.5	17	25.7d	3.7	17	255d	40
Age dam (mth)									
< 20	317	3.6a	0.8	266	30.9a	5.8	266	307a	59
20-60	295	3.9b	0.8	272	32.3b	5.9	272	316a	63
>60	378	3.8b	0.7	313	33.6c	5.4	313	331b	60

*Weight adjusted at 90 days of age

a,b,cMeans within a column followed by different superscripts differ (P<0.01).

4. CONCLUSIONES

1. existen importantes influencias ambientales que afectan el desarrollo de corderos Dorper en condiciones intensivas.
2. El uso de Moruecos Hampshire sobre ovejas Katahdin ofrece una buena alternativa para programas de producción de carne de ovino en sistemas intensivos, al presentarse mejores tasas de crecimiento y menores índices de mortalidad al compararse con crías derivadas de Texel y Charolais.

5. LITERATURA CITADA

- Arteaga, C.J.D. 2007. Diagnóstico actual de la situación de los ovinos en México. En: Gutiérrez, Y.A., 8° Congreso Mundial de la Lana y el Cordero. Santiago de Querétaro, Querétaro.
- Burke, J.M., Apple, J.K. 2007. Growth performance and carcass traits of forage-fed hair sheep wethers. *Small Ruminant Research* 67, 264-270.
- Carrillo, L., Segura, J.C. 1993. Environmental and genetic effects on preweaning growth performance of hair sheep in Mexico. *Tropical Animal Health and Production* 25, 173-178.
- Castillo, C.M., Urrutia, M.J., Aparicio, G.E., García, D.C. 1990. Caracterización de la ovinocultura en agostadero semiárido en San Luis Potosí. III Congreso Nacional de Producción Ovina. Tlaxcala, México. p. 265-267.
- Cloete, S.W.P., Snyman, M.A., Herselman, M.J. 2000. Productive performance of Dorper sheep. *Small Ruminant Research* 36, 119–135.
- Godfrey, R.W., Gray, M.L., Collins, J.R. 1997. Lamb growth and milk production of hair and wool sheep in a semi-arid tropical environment. *Small Ruminant Research* 24, 77–83.
- Godfrey, R.W., Dodson, R.E. 2003. Effect of supplemental nutrition around lambing on hair sheep ewes and lambs during the dry and wet seasons in the U.S. Virgin Islands. *Journal of Animal Science* 81, 587-593.
- Gómez, M.J. 2009. Alternativas de mercado para la carne ovina en México. En: Peláez H. editor. Seminario Internacional de Ovinocultura. Cholula, Puebla.
- González-Garduño, R., Torres-Hernández, G., Arece-García, J. 2010. Comportamiento productivo y reproductivo de ovinos Pelibuey en un

- sistema de pariciones aceleradas con tres épocas de empadre al año. *Zootecnia Tropical* 28, 51-56.
- Hinojosa-Cuéllar, J.A., Oliva-Hernández, J., Torres-Hernández, G., Segura Correa, J.C. 2013. Comportamiento productivo de corderos F1 Pelibuey x Blackbelly y cruces con Dorper y Katahdin en un sistema de producción del trópico húmedo de Tabasco, México. *Archivos de Medicina Veterinaria* 45, 135-143.
- Macías-Cruz, U., Álvarez-Valenzuela, F.D., Rodríguez-García, J., Correa-Calderón, A., Torrentera-Olivera, N.G., Molina-Ramírez, L., Avendaño-Reyes, L. 2010. Crecimiento y características de canal en corderos Pelibuey puros y cruzados F1 con razas Dorper y Katahdin en confinamiento. *Archivos de Medicina Veterinaria* 42, 147-154.
- Malhado, C.H.M., Carneiro, P.L.S., Affonso, P.R.A.M., Souza Jr., A.A.O., Sarmiento, J.L.R. 2009. Growth curves in Dorper sheep crossed with the local Brazilian breeds, Morada Nova, Rabo Largo, and Santa Inês. *Small Ruminant Research* 84, 16–21.
- Partida de la Peña, J.A., Braña-Varela, D., Martínez-Rojas, L. 2009. Desempeño productivo y propiedades de la canal en ovinos Pelibuey y sus cruces con Suffolk o Dorset. *Técnica Pecuaria México* 47, 313-322.
- Pineda, J., Palma J.M., Haenlein, G.F.W., Galina, M.A. 1998. Fattening of Pelibuey hair sheep and crossbreds (Rambouillet-Dorset x Pelibuey) in the Mexican tropics. *Small Ruminant Research*. 27, 263–266.

- Rajab, M.H., Cartwright, T.C., Dahm, P., Figueiredo, F.E.A. 1992. Performance of three tropical hair sheep breeds. *Journal of Animal Science* 70, 3351-3359.
- Rastog, R.K. 2001. Production performance of Barbados blackbelly sheep in Tobago, West Indies. *Small Ruminant Research* 41, 171–175.
- Ríos-Utrera, A., Calderón-Robles, R., Lagunes-Lagunes, J., Oliva-Hernández, J. 2014. Ganancia de peso predestete en corderos Pelibuey y sus cruces con Blackbelly, Dorper y Katahdin. *Nova Scientia* 6, 272 – 286.
- SAGARPA, 2010. Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Estimación del consumo nacional aparente de carne de ovino 1990-2005 [en línea]. <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/CNAovi.htm>. Consultado Jun 10, 2014.
- Segura, J.C., Sarmientoa, L., Rojasb, O. 1996. Productivity of Pelibuey and Blackbelly ewes in Mexico under extensive management. *Small Ruminant Research* 21, 57–62.
- SIAP. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera SAGARPA. Población ganadera Ovino 1999-2008 [en línea]. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=21&Itemid=330. Consultado Jun 25, 2014.
- SIAP. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera SAGARPA. Ovino producción, precio, valor, animales sacrificados y peso de carne en canal 2008[en línea]. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=371. Consultado Jun 15, 2014.

Snyman, M.A., , Olivier. W.J. 2002. Productive performance of hair and wool type Dorper sheep under extensive conditions. *Small Ruminant Research* 45, 17–23.

Urrutia, M.J., Ochoa, C.M.A., Beltrán, L.S. 2000. Ovinocultura de Agostadero en el Norte de México. Ed. Editorial Universitaria. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 107 pp.

Vázquez-Soria, E.T., Partida de la Peña, J.A., Rubio-Lozano, M.S., Méndez-Medina, D. 2011. Comportamiento productivo y características de la canal en corderos provenientes de la cruce de ovejas Katahdin con machos de cuatro razas cárnicas especializadas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 2, 247-258.



Figura 1. Distribución porcentual de la población ovina en México (SAGARPA, 2011).

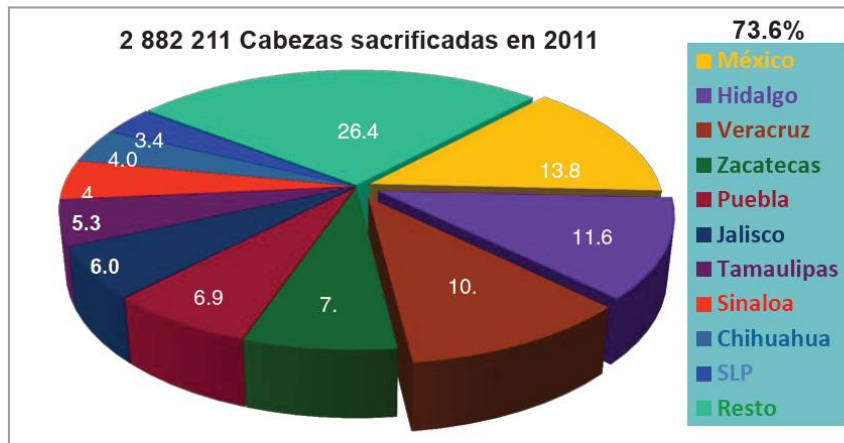


Figura 2. Porcentaje anual de matanza ovina en México (SIAP-SAGARPA).

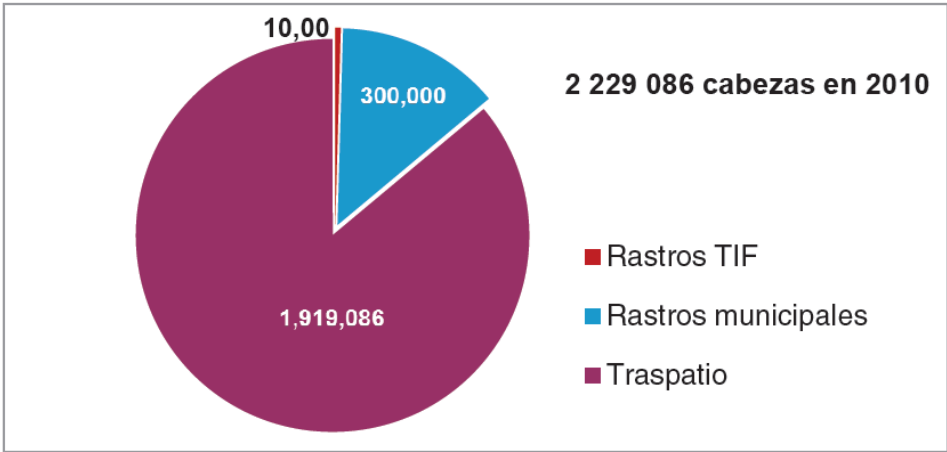


Figura 3. Distribución de la matanza en el año 2010 de acuerdo con el tipo de rastro o matadero (SAGARPA).