

# Parámetros genéticos de pesos al nacer y al destete en ovinos de raza criolla de Chiapas

## Genetic parameters for birth and weaning weights in the local Chiapas sheep breed from Mexico

Reyes López-Ordaz<sup>a</sup>, Iván Olivera-Vega<sup>a</sup>, José M. Berruecos Villalobos<sup>a</sup>, Marisela Peralta-Lailson<sup>b</sup>, Raúl Ulloa-Arvizu<sup>a</sup>, Carlos G. Vásquez Peláez<sup>a</sup>

### RESUMEN

Heredabilidades para pesos al nacer (PN) y destete (PD) en ovinos de la raza Chiapas se estimaron a partir de los registros de corderos nacidos entre 1991 y 2006. El pedigrí incluyó 53 carneros, 523 ovejas y 1,326 corderos. Se compararon seis modelos utilizando el Criterio de Información Akaike (Akaike Information Criterion, AIC). El modelo 1 incluyó los efectos genéticos directos aditivos. El modelo 2 igual al modelo 1 más los efectos permanentes del medio ambiente. Los modelos 3 y 4 fueron como el modelo 1 más los efectos maternos con  $\text{cov}(\text{directa, maternal})$  ( $\sigma_{am}$ ) igual a 0 para el modelo 3, mientras que para el modelo 4,  $\sigma_{am} \neq 0$ . Los modelos 5 y 6 corresponden a los modelos 3 y 4 adicionados con efectos ambientales permanentes. Los efectos de año, tipo y número de parto y sexo fueron incluidos en todos los modelos. La edad al destete fue agregada como covariable en la estimación de peso al destete. Los análisis mostraron al modelo 6 como el más adecuado para ambos caracteres, siendo el más completo y el criterio de comparación fue el menor. Los valores obtenidos de heredabilidad directos y maternos, así como los correspondientes a efectos maternos ambientales permanentes fueron  $0.15 \pm 0.09$ ,  $0.24 \pm 0.09$ ,  $0.11 \pm 0.08$  para PN y  $0.14 \pm 0.09$ ,  $0.09 \pm 0.08$ ,  $0.08 \pm 0.06$  para PD, respectivamente, siendo las correlaciones fenotípica  $0.34 \pm 0.03$  y genética  $0.81 \pm 0.18$ . Estos son los primeros valores obtenidos de parámetros genéticos para PN y PD en la raza Chiapas.

**PALABRAS CLAVE:** Borrego Chiapas, Efectos directos, Crecimiento, Parámetros genéticos, Efecto materno.

### ABSTRACT

Variance components and heritabilities for birth (BW) and weaning weights (WW) were estimated in the local Chiapas sheep breed using data from animals born between 1991 and 2006. The pedigree contained 53 rams, 523 ewes, and 1,326 lambs. Six models were compared to estimate heritabilities of BW and WW using the difference ( $\Delta$ ) between the ith model and the best model from the Akaike information criterion (AIC). Model 1 contained additive genetic effects. Model 2 was as Model 1 plus permanent maternal environmental effects. Models 3 and 4 were as Model 1 plus maternal effects with  $\text{cov}(\text{direct, maternal})$  equal to zero 0 for Model 3 and equal to  $\sigma_{am}$  for Model 4. Models 5 and 6 were as Models 3 and 4 plus permanent environmental effects. Fixed effects of year, type and number of birth and sex were included in all models for both traits. Age at weaning was added as covariate for WW models. Model 6 was preferred for both traits because it accounted for direct and maternal effects and their correlation as well as maternal permanent environmental effects and the criteria for comparison were the smallest. Direct and maternal heritability as well as the permanent maternal environment estimates were  $0.15 \pm 0.09$ ,  $0.24 \pm 0.09$ ,  $0.11 \pm 0.08$  for BW and  $0.14 \pm 0.09$ ,  $0.09 \pm 0.08$ ,  $0.08 \pm 0.06$  for WW, respectively, and the phenotypic ( $0.34 \pm 0.03$ ) and genetic ( $0.81 \pm 0.18$ ) correlation from model 6. These are the first estimates of genetic parameters for BW and WW in the Chiapas sheep breed.

**KEY WORDS:** Chiapas sheep, Direct effect, Growth, Genetic parameter, Maternal effect.

En los Altos de Chiapas, la etnia Tzotil explota una raza ovina característica de esa región. Esta

In the highlands of the State of Chiapas, Mexico, a unique local breed called Chiapas sheep originated

<sup>a</sup> Departamento de Genética y Bioestadística, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito Exterior, Ciudad Universitaria. Coyoacán. D.F. 04510. México. Tel.: +56 22 58 94; Fax: +56 22 59 56 carlosgv@servidor.unam.mx. Correspondencia al último autor.

<sup>b</sup> Instituto de Estudios Indígenas, Universidad Autónoma de Chiapas. Centro Universitario, Campus III.

raza local, llamada Chiapas, es descendiente de animales de las razas Churra, Lacha y Manchega introducidos en esa región en el siglo XVII<sup>(1)</sup>. Pese a su gran importancia socio-cultural y económica en dicha región<sup>(2,3)</sup>, no se cuenta con información genética disponible sobre caracteres de crecimiento para programas de mejoramiento.

El crecimiento pre-destete es función del potencial genético del cordero, la influencia materna (genética en el caso de la oveja y ambiental en el cordero) y otros efectos ambientales. Estos efectos pueden ser cuantificados por medio de modelos adecuados. Algunos autores<sup>(4,5)</sup> han evaluado parámetros genéticos para efectos directos, maternos y ambientales permanentes desde el nacimiento al destete en varias razas ovinas, y comprobaron que la correlación entre los efectos directos y maternos es desfavorable. Por otra parte, la heredabilidad de efectos aditivos directos, depende del modelo utilizado para calcularla<sup>(6,7,8)</sup>. El objetivo de este estudio fue estimar los parámetros genéticos de pesos al nacimiento (PN) y destete (PD) en la raza Chiapas por medio de diferentes modelos genéticos. Estos valores de heredabilidad contribuirán a elaborar un programa de mejoramiento genético para esta raza.

#### *Datos y manejo*

Este estudio se realizó utilizando información registrada en el Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología de la Universidad Autónoma de Chiapas (CUITT, UNACH) ubicado en "los Altos" de Chiapas, a 1,780 msnm, a 16°32'24" N y 92°28'19" O. El clima es templado frío con veranos cortos y frescos. La temperatura media anual es de 13 °C y la precipitación promedio de 1,059.2 mm anuales<sup>(9)</sup>. Los animales pastorean diariamente entre 6 y 8 h praderas de pasto kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) y se encierran hasta el día siguiente. Se les suministra un suplemento basado en planta completa de maíz (elote y planta seca), pasta de soya, sales minerales y aditivos. El manejo sanitario incluye una desparasitación mensual para control de *Fasciola hepática*, *Moniezia expansa*, parásitos gastrointestinales, *Oestrus ovis* y coccidiosis. Si se presentan infecciones o

from Churra, Lacha and Manchega breeds introduced in the XVII century<sup>(1)</sup>, has been used by the Tzotzil population. Despite its high socio-cultural and economic importance in the region<sup>(2,3)</sup>, there is no genetic information for growth traits available for breeding programs.

Pre-weaning growth rate is a function of the genetic potential of the lamb, the maternal influence of the ewe (genetic to the ewe, environmental to the lamb), and other environmental effects. These genetic and environmental effects can be quantified through appropriate models. Some authors<sup>(4,5)</sup> have recently assessed genetic parameters for direct, maternal and permanent environmental effects from birth to weaning in different sheep breeds and have shown that the correlation between the direct genetic and maternal effects was unfavorable. On the other hand heritability for direct additive effects, depends on the model used for estimation<sup>(6,7,8)</sup>. The objective of this research was to estimate genetic parameters for birth and weaning weight in the local sheep breed of Chiapas using different genetics models. These heritability estimates will allow the establishment of a genetic improvement program for the Chiapas sheep breed.

#### *Data and management*

This study was carried out at using data collected at the Research and Technology Transfer Center of the Autonomous University of Chiapas (CUITT, UNACH), located in the highlands of Chiapas ("Los altos de Chiapas") at 1,780 m asl and 16°32'24 N and 92°28'19" W. The prevailing climate in the area is semi-cold with short cool summers. The annual mean temperature is 13 °C and the average annual rainfall is 1,059.2 mm<sup>(9)</sup>. All animals grazed for 6 to 8 h per day on pastures covered with kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*), and penned during evenings and nights. A nutritional supplement based on whole ground corn (cob and stubble) and soybean meal, mineral salts, and additional. The sanitary management of the herd consisted of monthly deworming to control *Fasciola hepatica*, *Moniezia expansa*, gastroenteric worms, *Oestrus ovis* and coccidiosis. In case of infections or pneumonia, oxytetracycline was provided. Ewes were

neumonía se los trata con oxitetraciclina. Durante la época de empadre, se formaron grupos de 10 a 15 ovejas y estuvieron con un solo semental por corral durante 60 días a partir de principios de junio. La parición tiene lugar desde noviembre a fines de diciembre y los corderos se destetan a los 3 meses.

Se pesaron al nacer (PN) todos los corderos incluidos en este estudio (1,327) y un total de 1,127 al destete (PD). Se registró la información del pedigrí y la estructura de los datos se muestra en el Cuadro 1.

*Análisis genéticos y estadísticos*

Los pesos al nacimiento y al destete fueron analizados por medio de seis modelos lineales de una sola característica. Los efectos fijos fueron tipo del parto (simple, doble), número de parto de la madre (1,2,3,4,≥5), año de nacimiento (1991-2006) y sexo de la cría (hembra, macho). El 36 % del total de madres fue primípara. La edad al destete en días (89 ± 22) fue incluida como covariable para peso al destete. Se empleó la prueba de Tukey para comparar las diferencias entre medias del número de parto de la madre. Las interacciones de dos vías no fueron significativas (P>0.05), y por lo tanto fueron eliminadas del modelo final<sup>(10)</sup>.

Los componentes de varianza y covarianza fueron calculados por medio de la metodología REML, utilizando el programa ASReml<sup>(11)</sup>. Los modelos fueron ajustados para estimar los parámetros genéticos para cada característica, incluyendo o eliminando distintas combinaciones de efectos genéticos maternos o materno-ambientales permanentes, tales como:

- $y = Xb + Z_1a + e$  ..... (1)
- $y = Xb + Z_1a + Wap + e$  ..... (2)
- $y = Xb + Z_1a + Z_2m + e$  Cov (a,m)=0 ..... (3)
- $y = Xb + Z_1a + Z_2m + e$  Cov(a,m)=Aσ<sub>am</sub> ..... (4)
- $y = Xb + Z_1a + Z_2m + Wap + e$  Cov (a,m)=0 ..... (5)
- $y = Xb + Z_1a + Z_2m + Wap + e$  Cov(a,m)=Aσ<sub>am</sub> ..... (6)

Donde:

exposed to rams in single-sire pens for 60 d once a year in early June. Lambing began in November until the end of December. Lambs were weaned at 3 mo of age.

All the lambs included in this study (1,326) were weighed at birth (BW) and (1,127) at weaning (WW). Pedigree information was recorded. Data structure is presented in Table 1.

*Statistical and genetic analyses*

Birth weight and weaning weight were analyzed using six single-trait mixed linear models. Fixed effects were litter size (single, twin), parity of dam (1,2,3,4,≥5) 36 % of the total ewes was from first calving, year of birth (1991 to 2006), and sex of lamb (male or female). Age at weaning in days (89 ± 22) was included as a covariate for weaning weight. Tukey test was performed for testing differences between means for mean test when needed; Two-way interactions were not significant (P> 0.05), thus they were removed from the final model<sup>(10)</sup>.

Variance and co-variance components were estimated through the REML methodology, using ASReml<sup>(11)</sup>. Models were fitted to estimate the genetic parameters for each trait by ignoring or including various combinations of maternal genetic and maternal permanent environmental effects as:

Cuadro 1. Estructura de los datos de la raza local Chiapas usados en este estudio

Table 1. Data structure of the local Chiapas sheep breed used in this study

	Birth weight	Weaning weight
No. of records	1326	1127
No. of sires	53	53
No. of dams	523	475
Progeny with both parents	898	792
Mean progeny by dam	2.53	2.37
Mean ± standard deviation (kg)	2.48 ± 0.52	8.96 ± 2.54

**y** es el vector de los registros para características de PN y PD; **b** es el vector de efectos fijos del modelo final (tamaño del parto, año de nacimiento y sexo de las crías y edad al destete como covariable de PD); **a** es el vector de efectos genéticos aditivos del cordero; **m** es el vector de efectos genéticos maternos aditivos; **ap** es el vector de los efectos materno-ambientales permanentes; **X, Z, W** son matrices de incidencia que relacionan los registros del vector **y** a los efectos en los vectores **a, m** y **ap**; siendo **e** el vector de efectos aleatorios de los residuos.

La matriz de varianza-covarianza de efectos aleatorios se define de la siguiente manera:

$$Var \begin{pmatrix} a \\ m \\ ap \\ e \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A\sigma_a^2 & A\sigma_{am} & 0 & 0 \\ A\sigma_{am} & A\sigma_m^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I_d\sigma_{ap}^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I_n\sigma_e^2 \end{pmatrix}$$

Donde:

**A** es la matriz de efectos genéticos directos aditivos;  $\sigma_a^2$  es la varianza de los efectos genéticos aditivos;  $\sigma_m^2$  es la varianza efectos maternos aditivos;  $\sigma_{am}$  es la covarianza entre efectos directos y maternos permanentes;  $\sigma_{ap}^2$  es la varianza de efectos materno ambientales permanentes;  $\sigma_e^2$  es la varianza residual que representa los efectos aleatorios tanto de ambiente temporal como desconocidos; siendo  $I_d$  e  $I_n$  matrices identidad de orden adecuado, d= número de madres y n= número de animales con registro.

Para comparar los modelos se utilizó el criterio de información de Akaike ( $AIC_i = \log L - K$ ),  $\log L$  es logaritmo de cociente de verosimilitud del modelo *i* y *K* es el número de parámetros del modelo; y las ponderaciones de Akaike ( $w_i$ ) como la probabilidad que el modelo *i* sea el mejor para la información disponible;  $w_i = LMi / \sum LMi$ , donde  $LMi = \exp(AIC_i - AIC_{min})$ , y  $AIC_{min}$  es el valor mínimo de los seis  $AIC_i$ . Por lo tanto,  $\Delta_i = AIC_i - AIC_{min}$  corresponde a la pérdida de información experimentada al usar el modelo *i* ajustado<sup>(12)</sup>.

Finalmente, las correlaciones fenotípicas y genéticas se calcularon por medio de análisis bivariado, y

$$y = Xb + Z_1a + e \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$y = Xb + Z_1a + Wap + e \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$y = Xb + Z_1a + Z_2m + e \quad Cov(a,m)=0 \dots\dots\dots (3)$$

$$y = Xb + Z_1a + Z_2m + e \quad Cov(a,m)=A\sigma_{am} \dots\dots\dots (4)$$

$$y = Xb + Z_1a + Z_2m + Wap + e \quad Cov(a,m)=0 \dots\dots\dots (5)$$

$$y = Xb + Z_1a + Z_2m + Wap + e \quad Cov(a,m)=A\sigma_{am} \dots\dots\dots (6)$$

where: **y** is the vector of records for (BW) and (WW) traits; **b** is the vector of fixed effects from the final model (litter size , parity of dam, birth year and sex of lambs and weaning age as covariate for WW); **a** is the vector of additive genetic effect of the lamb; **m** is the vector of additive maternal genetic effects; **ap** is the vector of maternal permanent environmental effects; **X, Z, W** are the incidence matrices that relate records in vector **y** to effects in vectors **a, m**, and **ap**, and **e** is the vector of random residual effects.

The variance-covariance matrix of random effects was defined as follows:

$$Var \begin{pmatrix} a \\ m \\ ap \\ e \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A\sigma_a^2 & A\sigma_{am} & 0 & 0 \\ A\sigma_{am} & A\sigma_m^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I_d\sigma_{ap}^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I_n\sigma_e^2 \end{pmatrix}$$

Where: **A** is the matrix of additive genetic relationships,  $\sigma_a^2$  is the variance of the additive direct genetic effects;  $\sigma_m^2$  is the variance of additive maternal genetic effects,  $\sigma_{am}$  is the covariance between direct and maternal additive genetic effects;  $\sigma_{ap}^2$  is the variance of maternal permanent environment effects;  $\sigma_e^2$  is the residual variance, which represents the temporary environmental and unknown random effects, and  $I_d$  and  $I_n$  are identity matrices of appropriate order, d= number of dams, and n= number of animals with records.

In order to compare the models, the Akaike criterion ( $AIC_i = \log L - K$ ) and the Akaike weights ( $w_i$ ) as the probability that model *i* is the best model for the data were used;  $w_i = LMi / \sum LMi$ , where  $LMi = \exp(AIC_i - AIC_{min})$  and *L* is the likelihood of the *i*-model, *K* is the parameters in the model; and

los efectos fijos fueron aquéllos del análisis univariado.

En el Cuadro 2 se presentan las medias de cuadrados mínimos de los efectos fijos. El sexo de las crías mostró diferencias significativas tanto para PN como para PD ( $P < 0.05$ ). Los machos fueron 5 % más pesados que las hembras. Las crías de parto simple fueron 41.53 % más pesadas al nacimiento y 20.6 % más pesadas al destete que las de parto múltiple ( $P < 0.05$ ). Se observaron corderos más pesados para ambos parámetros en los partos tercero y cuarto ( $P < 0.05$ ). En las condiciones ambientales y de manejo de hatos imperantes en los Altos de Chiapas, la raza ovina Chiapas presentó un peso promedio al nacer de  $2.48 \pm 0.52$  kg y de  $8.96 \pm 2.54$  kg promedio al destete.

Los parámetros genéticos para PN y PD para los seis modelos se muestran en el Cuadro 3. La estimación más alta para heredabilidad directa de PN se obtuvo en el modelo 1 ( $0.37 \pm 0.09$ ) y las más bajas en los modelos 3 ( $0.09 \pm 0.05$ ) y 4 ( $0.08 \pm 0.05$ ). Las estimaciones de heredabilidad materna fueron similares en los modelos 3 ( $0.23 \pm 0.04$ ) y 6 ( $0.24 \pm 0.09$ ), y más altas que en los modelos 4 ( $0.20 \pm 0.04$ ) y 5 ( $0.15 \pm 0.06$ ). La correlación entre efectos genéticos directos aditivos y genéticos maternos ( $\sigma_{am}$ ) fue media y negativa. La varianza de efectos maternos permanentes se redujo  $0.07 \pm 0.05$  (modelo 5) cuando no se incluyó el efecto  $\sigma_{am}$ .

La estimación más alta de heredabilidad directa para PD se obtuvo en el modelo 1 ( $0.22 \pm 0.07$ ), que disminuyó cuando se introdujeron efectos genéticos maternos y ambientales. La estimación más baja se observó en el modelo 5 ( $0.07 \pm 0.06$ ). También se obtuvo una estimación baja de heredabilidad directa en los modelos 2 ( $0.08 \pm 0.06$ ) y 3 ( $0.08 \pm 0.06$ ). En los modelos 4 ( $0.15 \pm 0.09$ ) y 6 ( $0.14 \pm 0.09$ ) se encontró una estimación de heredabilidad directa que prácticamente duplica la de los modelos 2, 3 y 5. Las estimaciones de heredabilidad materna fueron mayores en los modelos 3 ( $0.11 \pm 0.04$ ) y 4 ( $0.17 \pm 0.07$ ) que las observadas en los modelos 5 ( $0.04 \pm 0.05$ ) y 6 ( $0.09 \pm 0.08$ ). Las estimaciones de varianzas materno ambientales permanentes disminuyeron cuando se introdujeron efectos

Cuadro 2. Medias de cuadrados mínimos  $\pm$  error estandar para peso al nacer (kg) y peso al destete (kg) asociado al tipo de nacimiento, sexo del cordero y numero de parto en la raza criolla Chiapas

Table 2. Least square mean  $\pm$  standard error for birth weight (kg) and weaning weight (kg) associated to type of birth, lamb sex and lambing number for the local sheep breed of Chiapas

Effect		Birth wt	Weaning wt
Litter size:	Single	$2.59 \pm 0.02^a$	$9.14 \pm 0.22^a$
	Double	$1.83 \pm 0.05^b$	$7.58 \pm 0.08^b$
Lamb sex:	Female	$2.15 \pm 0.03^a$	$8.19 \pm 0.13^a$
	Male	$2.27 \pm 0.03^b$	$8.52 \pm 0.13^b$
Parity of Dam	1	$1.89 \pm 0.03^c$	$7.63 \pm 0.15^c$
	2	$2.18 \pm 0.03^b$	$8.35 \pm 0.16^b$
	3	$2.32 \pm 0.03^a$	$8.78 \pm 0.17^a$
	4	$2.30 \pm 0.04^a$	$8.77 \pm 0.20^{ab}$
	$\geq 5$	$2.34 \pm 0.04^a$	$8.24 \pm 0.18^{bc}$

abc Values with different letters within columns for one effect are different ( $P < 0.05$ ).

AICmin is the minimum of the six different AICi values; therefore  $\Delta_i = AIC_i - AIC_{min}$  is the information loss experienced using fitted i-model<sup>(12)</sup>. Finally the genetic and phenotypic correlations were estimated using bivariate analysis; the fixed effects were those in univariate analysis.

Least square means for fixed effects are presented in Table 2. Sex of lamb showed significant difference for BW and WW ( $P < 0.05$ ). Males were 5 % heavier than females. Single-born lambs were 41.53 % heavier at birth and 20.6 % at weaning compared with those from multiple deliveries ( $P < 0.05$ ). Heavier lambs were observed for both traits in the the third and fourth parities ( $P < 0.05$ ). Under the environmental conditions and husbandry in the Highlands of Chiapas, the local sheep breed of Chiapas had a mean birth weight of  $2.48 \pm 0.52$  kg and a mean weaning weight of  $8.96 \pm 2.54$  kg.

Genetic parameters for BW and WW under six different models are shown in Table 3. The largest estimate of direct heritability for BW was obtained from model 1 ( $0.37 \pm 0.06$ ) and the lower estimate

genéticos maternos en los modelos 5 y 6 ( $0.08 \pm 0.06$ ). La correlación entre efectos aditivos directos y efectos genéticos maternos para PD fue negativa y fluctuó entre  $-0.51 \pm 0.29$  y  $-0.61 \pm 0.34$ .

Los valores de AIC de los modelos se ordenaron con el objeto de obtener los valores  $\Delta_i$ . El AIC para PN muestra al modelo 3 como el mejor (AIC=-847.34), seguido por el modelo 6 ( $\Delta_6=0.96$ ) y el modelo 4 ( $\Delta_4=1.48$ ). Para PD, el mejor modelo resultó ser el 2 (AIC=2384.84), seguido por los modelos 5 ( $\Delta_5=1.36$ ) y 3 ( $\Delta_3=1.48$ ), como era de esperar, porque esas características son influenciadas por el efecto materno.

Las correlaciones fenotípica y genética aditiva entre PN y PD fueron  $0.34 \pm 0.03$  y  $0.81 \pm 0.18$ , respectivamente.

*Efectos fijos*

Las medias de cuadrados mínimos para PN y PD observadas en este estudio fueron similares a las

from models 2 ( $0.17 \pm 0.06$ ), 5 ( $0.10 \pm 0.05$ ) and 6 ( $0.15 \pm 0.09$ ), whereas the smallest estimates were from models 3 ( $0.09 \pm 0.05$ ) and 4 ( $0.08 \pm 0.05$ ). Maternal heritability estimates were higher and similar in models 3 ( $0.23 \pm 0.04$ ) and 6 ( $0.24 \pm 0.09$ ), than estimates from models 4 ( $0.20 \pm 0.04$ ) and 5 ( $0.15 \pm 0.06$ ). The permanent maternal environmental variance was reduced when maternal genetic effects were included in models 5 ( $0.07 \pm 0.05$ ) and 6 ( $0.11 \pm 0.08$ ). The correlation between direct additive genetic and maternal genetic effects for BW was medium and negative.

On the other hand, the largest estimate of direct heritability for WW was that of model 1 ( $0.22 \pm 0.07$ ), and it decreased when maternal and genetic environmental effects were included. The smallest estimate was from model 5 ( $0.07 \pm 0.06$ ). Similar low estimated of direct heritability for WW were obtained for models 2 ( $0.08 \pm 0.06$ ) and 3 ( $0.08 \pm 0.06$ ). Models 4 ( $0.15 \pm 0.09$ ) and 6 ( $0.14 \pm 0.09$ ) had estimates that were twice as big as those

Cuadro 3. Heredabilidad aditiva directa ( $h^2_a$ ), heredabilidad materna ( $h^2_m$ ), correlación aditiva-materna (ram) y efectos de ambiente maternos ( $c^2$ ) estimados para peso al nacer (BW), peso al destete (WW) para la raza criolla de Chiapas

Table 3. Direct additive heritability ( $h^2_a$ ), maternal heritability ( $h^2_m$ ), correlation additive-maternal (ram) and permanent ( $c^2$ ) estimates for birth weight (BW), weaning weight (WW) for the local sheep breed of Chiapas

Trait	Model	$h^2_a \pm SE$	$h^2_m \pm SE$	ram	$c^2 \pm SE$	logL	AIC
BW	1	$0.37 \pm 0.06$				405.13	-808.26
	2	$0.17 \pm 0.06$			$0.20 \pm 0.03$	422.90	-841.8
	3	$0.09 \pm 0.05$	$0.23 \pm 0.04$			425.67	-847.34
	4	$0.08 \pm 0.05$	$0.20 \pm 0.04$	$-0.38 \pm 0.08$		425.93	-845.86
	5	$0.10 \pm 0.05$	$0.15 \pm 0.06$		$0.07 \pm 0.05$	424.00	-842.00
	6	$0.15 \pm 0.09$	$0.24 \pm 0.09$	$-0.58 \pm 0.09$	$0.11 \pm 0.08$	427.19	-846.38
WW	1	$0.22 \pm 0.07$				-1195.58	2393.16
	2	$0.08 \pm 0.06$			$0.12 \pm 0.04$	-1190.42	2384.84
	3	$0.08 \pm 0.06$	$0.11 \pm 0.04$			-1191.16	2386.32
	4	$0.15 \pm 0.09$	$0.17 \pm 0.07$	$-0.51 \pm 0.29$		-1190.58	2387.16
	5	$0.07 \pm 0.06$	$0.04 \pm 0.05$		$0.08 \pm 0.06$	-1190.10	2386.20
	6	$0.14 \pm 0.09$	$0.09 \pm 0.08$	$-0.61 \pm 0.34$	$0.08 \pm 0.06$	-1189.61	2387.22

SE= standard error, Likelihood value (logL), AIC= the Akaike information criterion Model 1: direct additive effect, Model 2: direct and additive maternal effect, model 3: additive direct effect and maternal permanent environment effect.

comunicadas en 1987 cuando se caracterizó este tipo de ganado lanar explotado por los tzotziles en Chiapas<sup>(2)</sup>. Muy probablemente esto es debido a que el ganado no ha sido objeto de selección genética para ninguna característica de crecimiento, y que el sistema de producción permanece prácticamente sin cambios. Esta raza es probablemente la de menor tamaño de las que se explotan en México, siendo sus pesos al destete un 40 % de los de la raza Suffolk (20.7 kg) a los 68 días<sup>(13)</sup>, un 68 % de los de la raza Pelibuey (12.2 kg a los 75 días) y un 90 % de los de las razas Criollas del Centro de México (13.2 kg a los 110 días)<sup>(14)</sup>. En concordancia con estudios realizados en otras razas, se encontraron efectos ambientales significativos para tipo de parto, número de parto de la madre, año de nacimiento y sexo de la cría<sup>(4,13,15)</sup>.

#### *Modelo genético*

Las grandes diferencias en valores de pérdida de información del modelo 1 respecto del mejor modelo encontrado para PN ( $\Delta_1=39.08$ ) y PD ( $\Delta_1=8.32$ ) significa que será el menos probable de usar de los seis modelos propuestos<sup>(12)</sup>. Se considera que el mejor modelo para PN es 6, ya que la pérdida de información fue de  $\Delta_3=0.96$ , además de que incluye todos los efectos descritos como de importancia en la literatura<sup>(6,7,8)</sup>. Sin embargo, para PD los modelos 5, 3, 4 y 6 fueron similares al mejor modelo 2, ( $\Delta_i$  varía entre 1.36 y 2.38) y muestran evidencia de que estos modelos son posibles de utilizar<sup>(12)</sup>, y por lo tanto el modelo 6 fue tomado en consideración, al igual que para PN<sup>(6,7,8)</sup>.

#### *Peso al nacimiento*

Los valores de heredabilidad aditiva directa ( $h^2_a$ ) dependen del modelo que se emplee. En el modelo 1 se estimó  $0.37 \pm 0.06$  y  $0.15 \pm 0.09$  en el modelo 6. Estas estimaciones concuerdan con las mencionadas por otros autores en estudios realizados en las razas ovinas locales Menz<sup>(6)</sup>, Djallonké<sup>(7)</sup> y Sangsari<sup>(8)</sup> para peso corporal.

El valor de  $h^2_a$  disminuyó a 0.17, similar al informado por Al-Shorepy<sup>(16)</sup> y Mandal *et al*<sup>(17)</sup>,

from models 2, 3, and 5. Maternal heritability estimates were greater in models 3 ( $0.11 \pm 0.04$ ) and 4 ( $0.17 \pm 0.07$ ) than the estimates from models 5 considerably smaller ( $0.04 \pm 0.05$ ) and 6 ( $0.09 \pm 0.08$ ). Estimates of permanent maternal environmental variances decreased when maternal genetic effects were included in models 5 ( $0.08 \pm 0.06$ ) and 6 ( $0.08 \pm 0.06$ ). The correlation between additive direct and maternal genetic effects for WW was negative and ranged between  $-0.51 \pm 0.29$  and  $-0.61 \pm 0.34$ .

The AIC criterion for BW shows model 3 (-847.34) as the best model, follow by model 6 ( $\Delta_6=0.96$ ) and model  $\Delta_4$  ( $\Delta_4=1.48$ ); on the other hand the best model for WW was model 2 (AIC=2384.84) follow by model 5 ( $\Delta_5=1.36$ ) and model 3 ( $\Delta_3=1.48$ ) as was expected because these two traits are influenced by maternal effects.

The phenotypic and additive genetic correlation between BW and WW was  $0.34 \pm 0.03$  and  $0.81 \pm 0.18$  respectively.

#### *Fixed effects*

Least squares means for birth and weaning weights found in this study were similar to those reported in 1987 when characterization was done for this type of sheep from the tzotzil communities in Chiapas<sup>(2)</sup>. This is perhaps because the Chiapas sheep breed has not been subjected to genetic selection for any growth trait, and the production system remains basically unchanged. The Chiapas sheep breed is perhaps the smallest sheep breed in Mexico. Chiapas lamb weaning weights are 40 % of Suffolk lambs 20.7 kg at 68 d<sup>(13)</sup>, 68 % of Pelibuey lambs (12.2 kg at 75 d), and 90 % of Creole lambs in Central Mexico (13.2 kg at 110 d)<sup>(14)</sup>. In agreement with previous studies with other breeds, there were significant environmental effects of litter size, parity of dam, year of birth and sex of lamb<sup>(4,13,15)</sup>.

#### *Genetic model*

The high differences value from model 1 with respect to the best model observed for BW

cuando se introdujo el efecto de ambiente materno permanente. La introducción de efecto genético materno y de ambiente materno permanente al modelo afectó negativamente a  $h^2_a$ ,  $h^2_m$  y  $c^2$  (sus valores cayeron a 0.10, 0.15 y 0.07, respectivamente). El valor de  $h^2_a$  hallado es similar al mencionado en otros estudios<sup>(17,18)</sup>. El valor de  $h^2_m$  calculado por medio del modelo 6 es similar al publicado por otros autores<sup>(17,19,20)</sup>.

La estimación de  $c^2$  se encuentra dentro del rango que se menciona en la literatura (0.01 a 0.20)<sup>(17,21,22,23)</sup> e indica que la influencia de  $c^2$  sobre PN se debe al efecto de útero y de partos múltiples. Aún más, Duguma *et al.*<sup>(24)</sup> mencionan que la exclusión de  $c^2$  puede ser causa de una sobrestimación de  $h^2_m$ , especialmente en peso al nacer.

Los resultados observados en este estudio para  $r_{a,m}$  en la raza Chiapas estuvieron dentro de un rango entre -0.38 y -0.58 para PN dependiendo del modelo empleado. Larsgard y Olsen<sup>(25)</sup> argumentan que la sensibilidad a la estructura de la información puede explicar la gran variación entre estimaciones, aunque también se sugiere la presencia de cambios debidos a circunstancias de manejo y ambientales<sup>(26)</sup>. Meyer *et al.*<sup>(27)</sup> señalan que estas estimaciones negativas altas pueden deberse a un problema derivado de una partición incorrecta de la variación materna de la directa.

La correlación entre efectos genéticos directos y genéticos maternos para características de crecimiento se mantuvo en general entre baja y mediana y fue consistentemente negativa, lo que sugiere un probable antagonismo entre los genes aditivos del cordero y los genes maternos que contribuyen a los efectos maternos<sup>(28)</sup>. Otros autores<sup>(20,23,29,30,31)</sup> también mencionan correlaciones genéticas maternas negativas, con valores negativos extremos de -0.99 a -0.14.

#### *Peso al destete*

La heredabilidad aditiva directa ( $h^2_a$ ) para peso al destete fluctuó entre 0.07 y 0.22. Estimaciones similares se publicaron para razas de doble propósito, con valores que varían de 0.02 a 0.19<sup>(32)</sup>.

( $\Delta 1=39.08$ ) and WW ( $\Delta 1=8.32$ ) means are less likely to use from the six proposed models.<sup>12</sup> In the same way for BW model 6 was similar to model 3 ( $\Delta 3 =0.96$ ) but with all effects described as important in the literature<sup>(6,7,8)</sup>; for WW however, models 5,3,4 and 6 are similar to the best model 2 ( $\Delta 2$  range from 1.36 to 2.38), and the ratio ( $w_j / w_i$ ) shown evidence that these model are likely to use<sup>(12)</sup>, therefore model 6 was considered as in BW.

#### *Birth weight*

Values of  $h^2_a$  depended on the model used. Model 1 has an estimation of  $0.37 \pm 0.06$  meanwhile model 6 has a value of  $0.15 \pm 0.09$ ; these estimates are in agreement with other studies such as Menz<sup>(6)</sup> Djallonké<sup>(7)</sup> Sangsari sheep breeds<sup>(8)</sup> for body weight.

Additive direct heritability ( $h^2_a$ ) value decreased to 0.17 and it was similar to that published by Al-Shorepy<sup>(16)</sup> and Mandal *et al.*<sup>(17)</sup> when the effect of permanent maternal environment was included. The inclusion of maternal genetic and maternal permanent environmental effects in the model negatively affected  $h^2_a$ ,  $h^2_m$  and  $c^2$  (values decreased to 0.10, 0.15 and 0.07, respectively). The  $h^2_a$  was similar to those obtained by others<sup>(17,18)</sup>. The  $h^2_m$  calculated with Model 6 was similar to values reported in the literature<sup>(17,19,20)</sup>.

The estimated value for  $c^2$  was within the range of values found in the literature (0.01 to 0.20)<sup>(17,21,22,23)</sup> indicated that  $c^2$  influence on BW was due to the effect of the uterus and multiple births. Furthermore, Duguma *et al.*<sup>(24)</sup> noted that the exclusion of  $c^2$  led to overestimation of  $h^2_m$  values, particularly for birth weight.

The results in this study for  $r_{a,m}$  in the Chiapas local breed showed a range between -0.38 to -0.58 for birth weight depending of the model used; Larsgard and Olsen<sup>(25)</sup> argued that sensitivity to data structure of may explain the large variation between estimates, on the other hand it was suggested the presence of changes due to environmental and management circumstance<sup>(26)</sup>.

Cuando se incluyó el efecto materno, la  $h^2_a$  para PD disminuyó a 36 % del valor hallado en el modelo sin efecto materno (0.08). La estimación de  $h^2_m$  en el modelo 3, de 0.11, es similar a la mencionada en otros estudios<sup>(8,21)</sup>.

En el modelo 6, las estimaciones de heredabilidad materna y directa fueron bajas; además, el valor de  $c^2=0.08$  se encuentra dentro del rango mencionado en otros trabajos<sup>(21,32)</sup>.

Las estimaciones de la correlación entre efectos genéticos directos y maternos se encuentran dentro del rango de -0.51 a -0.61, parecido a la estimación de -0.51 mencionada por Maniatis y Pollot<sup>(33)</sup>, pero menor a los valores hallados por otros autores<sup>(30,34)</sup>.

Hagger<sup>(35)</sup> sugiere que la correlación negativa alta entre efectos aditivos directos y maternos pueden deberse a la ausencia de efectos de semental-hato o de semental-año en el modelo como se menciona en Lewis y Beatson<sup>(28)</sup> y a otras limitantes de la estructura de datos<sup>(33)</sup>.

En general, las diferencias entre las estimaciones de los distintos parámetros dependen del modelo. Resultados parecidos son mencionados por distintos autores, llegando a la conclusión que la heredabilidad directa se sobrestima cuando los efectos maternos no se toman en cuenta<sup>(15,16,36)</sup>. Las correlaciones genéticas y fenotípicas para PN y PD halladas en este trabajo son similares a las mencionadas por otros autores<sup>(6,8,32)</sup>.

Las estimaciones de componentes de la varianza y heredabilidad para efectos genéticos aditivos directos y maternos para PN y PD en la raza ovina Chiapas sugieren la presencia de una variabilidad genética de importancia para estas dos características. Debido a esto, los programas de selección para mejorarlas son factibles en esta raza. Un modelo que incluya tanto efectos genéticos aditivos directos y maternos como efectos de ambiente maternos permanentes fue considerado como el más adecuado para la evaluación genética de la población de esta raza ovina.

Meyer *et al*<sup>(27)</sup> pointed out those large negative estimates could be due to a problem partitioning the direct and maternal variation correctly.

The correlation between direct and maternal genetic effects for growth traits was generally low to medium and consistently negative, suggesting a possible antagonism between additive genes of the lamb and the mother genes that contribute to maternal effects<sup>(28)</sup>. Negative direct maternal genetic correlations were also reported by others<sup>(29,30)</sup>, who found an extreme negative value of -0.99. Naser *et al*<sup>(23)</sup> reported a negative direct-maternal correlation for BW of -0.58. Maxa<sup>(31)</sup>, found a negative direct-maternal correlation for birth weight (-0.6 ± 0.14). In a review, a range between -0.95 to -0.17 in different sheep breeds for birth weights, was published<sup>(20)</sup>.

#### *Weaning weight*

Additive direct heritability ( $h^2_a$ ) for WW ranged from 0.07 to 0.22. Similar estimates were reported in dual purpose breeds, with values ranging from 0.02 to 0.19<sup>(32)</sup>.

When the maternal effect was added, the  $h^2_a$  for WW decreased to 36 % of its value in the model without maternal effects (0.08). The estimate of  $h^2_m$  in this model was 0.11 which was similar to values published by others<sup>(8,21)</sup>.

In model 6, additive and maternal heritability estimates were low,  $h^2_a$  0.14 ± 0.09 and  $h^2_m$  0.09 ± 0.08. On the other hand, the  $c^2$  value of 0.08 was within the range reported in literature<sup>(21,32)</sup>.

The estimate of the correlation between direct and maternal genetic effects for WW ranged from -0.51 to -0.61. These estimates were similar to the value of -0.51 computed by Maniatis and Pollot<sup>(33)</sup>, but lower than negative values found by others<sup>(30,34)</sup>.

Hagger<sup>(35)</sup> suggested that the high negative correlation between the direct additive and maternal effects may be caused by the absence of the herd-sire or year-sire effects in the model as mentioned by Lewis and Beatson<sup>(28)</sup> and other limitations of the data structure<sup>(33)</sup>.

## AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por CONACYT (por medio de una beca otorgada a Iván Olivera Vega), UNAM-PAPIIT IN207707-3 y SAGARPA-CONACYT 2004-CO1-111/A1.

## LITERATURA CITADA

1. FAO 2004, Data base FAOSAT. <http://www.fao.org>
2. Perezgrovas GR, Castro GH. El borrego Chiapas y el sistema tradicional de manejo de ovinos entre las pastoras tzotziles. *Arch Zoot* 2000;(49):391-403.
3. Perezgrovas GR. Papel de las pastoras Tzotziles en la conservación de la diversidad del ganado lanar de Chiapas. *Anim Genet Resour Inform* 2009;45:65-69.
4. Rashidi A, Mokhtari MS, Safi Jahanshahi A, Mohammad Abadi MR. Genetic parameter estimates of pre-weaning growth trait in Kermani sheep. *Small Rum Res* 2008;74:165-171.
5. Ajoy M, Roy R, Rout PK. Direct and maternal effects for body measurements at birth and weaning in Muzaffarnagari sheep of India. *Small Rum Res* 2008;75:123-127.
6. Gizaw S, Lemma S, Komen H, van Arendonk JAM. Estimates of genetic parameters and genetic trends for live weight and fleec traits in Menz sheep. *Small Rum Res* 2007;70:145-153.
7. Bosso NA, Cissé MF, Waaij EH, Fall A, Arendonk JA. Genetic and phenotypic parameters of body weight in West African Dwarf goat and Djallonké sheep. *Small Rum Res* 2007;67:271-278.
8. Miraei-Ashtiani SR, Reza SSA, Moradi SM. Variance components and heritabilities for body weight traits in Sangsari sheep, using univariate and multivariate animal models. *Small Rum Res* 2007;73:109-114.
9. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. In: Series Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. México: Instituto de Geografía UNAM. México, DF. 1981.
10. JMP Institute Inc 2002. User's guide. Version 5.0. SAS Inst. Inc. Cary., Nc, USA.
11. Gilmour AR, Geogel BJ, Cullis BR, Thompson R. ASReml. In: Reference manual. Series ASREML. Harpenden, U.K: IACR-Rothamsted Exp Sta. 2005.
12. Burnham KP and Anderson, D R. Multimodel inference understanding AIC and BIC in model selection. *Sociol Meth Res* 2004;2:261-304.
13. Sulaiman Y, Flores-Serrano C, Ortiz HA, Montaldo HH. Evaluación de métodos de corrección para efectos ambientales para peso al destete en corderos Suffolk. *Vet Méx* 2009;40:219-229.
14. Hernández CPC, Ruiz BR. Curvas de crecimiento postdestete en ovinos criollos y Suffolk. [tesis licenciatura]. Edo. de México, Mexico: Universidad de Chapingo; 2002.
15. Matika, O, van Wyka JB, Erasmus GJ, Baker RL. Genetic parameter estimates in Sabi sheep. *Livest Prod Sci* 2003;79:17-28.
16. Al-Shorepy SA. Estimates of genetic parameters for direct and maternal effects on birth weight of local sheep in United Arab Emirates. *Small Rum Res* 2001;39:219-224.

In general, differences between parameter estimates depend on the model. Similar results have been reported by several authors, concluding that direct heritability is overestimated by ignoring maternal effects<sup>(15,16,36)</sup>.

Genetic and phenotypic correlations for BW with WW, was similar to those reported by other authors<sup>(6,8,32)</sup>.

Estimates of variance components and heritabilities for direct and maternal additive genetic effects for birth weight and for weaning weight in the Chiapas sheep breed suggest the presence of substantial genetic variation for these two traits. Thus, selection programs for improving these traits would be feasible in this breed. A model that included direct and maternal additive genetic effects as well as permanent environmental maternal effects was the deemed to be the most appropriate for genetic evaluation in this sheep population.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This research was funded by CONACyT (who provided a scholarship for Iván Olivera-Vega), UNAM-PAPIIT IN207707-3 and SAGARPA-CONACyT, 2004-CO1-111/A1.

*End of english version*

- 
17. Mandal A, Naser FWC, Rout PK, Roy R, Notter DR. Estimation of direct and maternal (co)variance components for pre-weaning growth traits in Muzaffarnagari sheep. *Livest Prod Sci* 2006;99:79-89.
  18. Ozcan M, Ekiz B, Yilmaz A, Ceyhan A. Genetic parameter estimates for lamb growth traits and greasy fleece weight at first shearing in Turkish Merino sheep. *Small Rum Res* 2005;56:215-222.
  19. Cloete SWP, Scholtz JA, Gilmour AR, Olivier JJ. Genetic and environmental effects on lambing and neonatal behaviour of Dorper and SA Mutton Merino lambs. *Livest Prod Sci* 2002;78:183-193.
  20. Cloete SWP, Greeff JC, Lewer R. Environmental and genetic aspects of survival liveweight in Western Australian Merino sheep. *S Afr J Anim Sci* 2001;31:123-130.
  21. Hanford KJ, Van Vleck LD, Snowder GD. Estimates of genetic parameters and genetic trend for reproduction, weight, and wool characteristics of Polypay sheep. *Livest Prod Sci* 2006;102:72-82.

## PARÁMETROS GENÉTICOS DE PESOS EN OVINOD DE RAZA CRIOLLA DE CHIAPAS

22. Maxa J, Norberg E, Berg P, Pedersen J. Genetic parameters for growth traits and litter size in Danish Texel, Shropshire, Oxford Down and Suffolk. *Small Rum Res* 2007;68;:312-317.
23. Naser FWC, Erasmus GL, van Wyk JB. Genetic parameter estimates for pre-weaning weight traits in Dorper sheep. *Small Rum Res* 2001;40:197-202.
24. Duguma G, Schoeman SJ, Cloete SWP. Genetic parameter estimates of early growth traits in the Tygerhoek Merino flock. *S Afr J Anim Sci* 2002;32:66-75.
25. Larsgard AG, Olesen I. Genetic parameters for direct and maternal effects on weights and ultrasonic muscle and fat depth of lamb. *Livest Prod Sci* 1998;55:273-278.
26. Robinson OW. The role of maternal effects in animal breeding. V maternal effects in swinw *J Anim Sci* 1972;35:1303-1315.
27. Meyer K, Carrick MJ, Donnelly BJP. Genetic parameters for growth traits of Australian Beef Cattle from multibreed selection. *J Anim Sci* 1993;71:2614-2622.
28. Lewis RM, Beatson PR. Choosing maternal effect models to estimate (co)variances for live and fleece weight in New Zealand Coopworth sheep. *Livest Prod Sci* 1999;58:137-150.
29. Ligda C, Gabriilidis G, Papadopoulos T, Georgoudis A. Investigation of direct and maternal genetic effects on birth and weaning weight of Chios lambs. *Livest Prod Sci* 2000;67:75-80.
30. María GA, Boldman KG, Van Vleck LD. Estimates of variances due to direct and maternal effects for growth traits of Romanov sheep. *J Anim Sci* 1993;71:845-849.
31. Maxa J, Norberg E, Berg P, Milerski M. Genetics parameters for body weight, longissimus muscle depth and fat depth for Suffolk sheep in the Czech Republic. *Small Rum Res* 2007;72:87-91.
32. Safari E, Fogarty NM, Gilmur AR. A review of genetic parameter estimates for wool, growth, meat and reproduction traits in sheep. *Livest Prod Sci* 2005;92:271-289.
33. Maniatis N, Pollott GE. The impact of data structure on genetic (co)variance components of early growth in sheep, estimated using an animal model with maternal effects. *J Anim Sci* 2003;81:101-108.
34. El Fadili M, Michaux C, Detilleuxb J, Leroy PL. Genetic parameters for growth traits of the Moroccan Timahdit breed of sheep. *Small Rum Res* 2000;37:203-208.
35. Hagger C. Litter. Permanent environmental, ram-flock, and genetic effects on early weight dain of lambs. *J Anim Sci* 1998;76:452-457.
36. Al-Shorepy SA, Alhadrami GA, Abdulwahab K. Genetic and phenotypic parameters for early growth traits in Emirati goat. *Small Rum Res* 2002;45:217-223.

