

## Componentes de (co)varianza del peso al destete en ganado Cebú cubano

D. Guerra<sup>1</sup>, A. Guillén<sup>2</sup>, J.L. Espinoza<sup>2</sup>, A. Palacios<sup>2</sup>, R. de Luna de la Peña<sup>2</sup>, Dianelys González-Peña<sup>1</sup> y N. Ávila<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical. Ave. 101 km 21,5. Cotorro, Ciudad de La Habana, Cuba

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Baja California Sur. Carretera al Sur, km 5,5. CP. 23000. La Paz, México

<sup>3</sup>Universidad del Mar, Oaxaca. Ciudad Universitaria. Puerto Escondido, Mixtepec. Juquila, CP. 71980. Oaxaca, México  
Correo electrónico: dg@cima-minag.cu

Para estimar los componentes de (co)varianza del peso al destete en el ganado Cebú cubano, se dispuso de una muestra de 60 628 registros de terneros, nacidos entre 1988 y 2006 en cinco empresas genéticas distribuidas a lo largo del país. Los datos se analizaron mediante el procedimiento Reml, según seis modelos diferentes que alternaban combinaciones de efectos aleatorios genético aditivo del animal y maternales genéticos y ambientales. Como efectos fijos comunes a todos los modelos, se consideró el grupo de contemporáneos (vaquería-año-trimestre de nacimiento-sexo de la cría), la edad al destete del ternero como covariable lineal, y la edad de la madre, como covariable lineal y cuadrática. Los resultados mostraron que, en el modelo donde se ignoraron los efectos maternales, la heredabilidad para los efectos directos (0.31) fue sobreestimada con respecto a los modelos donde se consideraron ( $H \approx 0.07$ ). La heredabilidad para los efectos maternales resultó similar a la de los efectos directos (0.08) para el modelo de mejor ajuste. Los efectos del ambiente permanente oscilaron entre 0.10 y 0.13 en los modelos donde fueron considerados. La correlación genética aditiva entre los efectos directos y maternos tomó valores de -0.15 y -0.29. Sin embargo, su inclusión no resultó significativa cuando se comparó con el modelo donde no se incluyeron. Los resultados indican que la respuesta a la selección para la mejora genética del peso al destete en el ganado Cebú cubano no debe resultar suficientemente efectiva.

Palabras clave: *componentes de varianzas, parámetros genéticos, efectos maternos, Cebú cubano, peso al destete.*

En los países tropicales y subtropicales, la raza Cebú tiene gran importancia para la producción de carne, y el peso al destete es uno de los caracteres más importantes que se consideran en los programas de mejoramiento genético del ganado vacuno de carne. Sin embargo, en este rasgo influyen los efectos maternales, por lo que se deben tener en cuenta también los componentes genéticos directos y maternos, especialmente si existe una relación antagónica entre ellos (Baker 1980, Bertrand y Benyshek 1987 y Bicca *et al.* 2006). El conocimiento de estos componentes de varianza es necesario en los diseños de los programas de mejora y para la estimación del valor genético de los animales. La estimación de los efectos maternales ha sido siempre compleja, debido a que los efectos directos y maternales están generalmente confundidos. Sin embargo, con el incremento de la potencia de los equipos de cómputo y el desarrollo de eficientes algoritmos, los modelos lineales utilizados en la evaluación genética de los animales son cada día más complejos. El procedimiento del modelo animal es el método más utilizado actualmente en la estimación de los efectos maternales en ganado de carne. Este método se basa, principalmente, en el modelo biométrico propuesto por Willham (1963). Meyer (1992 y 1997) y Bijma (2006) han presentado métodos para estimar componentes de (co)varianza para caracteres influidos por efectos maternales en ganado de carne

El objetivo de este trabajo fue estimar los componentes de (co)varianza del peso al destete en ganado Cebú cubano, mediante la utilización de seis variantes de modelo animal que alternan los efectos maternales (genéticos y ambientales), utilizando el procedimiento Reml.

### Materiales y Métodos

Se tomó una muestra inicial del peso al destete (PD) de 76425 terneros de la raza Cebú, suministrada por el Centro Nacional de Control Pecuario (CENCOP). Los animales nacieron entre los años 1988 y 2006 en cinco Empresas Genéticas distribuidas por todo el país. En la edición de los datos se eliminaron los padres con menos de 40 hijos y los grupos de contemporáneos (vaquería-año-trimestre de nacimiento-sexo de la cría) con menos de 10 observaciones. Se eliminaron los individuos con madre desconocida y a los que les faltó la información relacionada con la fecha de nacimiento, edad de la madre, vaquería, edad y peso al destete. Finalmente, la muestra quedó conformada por un total de 60628 registros. En la tabla 1 se presenta una descripción general de la muestra analizada.

Los datos se analizaron mediante el programa ASReml de Gilmour *et al.* (2000), según seis modelos matemáticos. Como efectos fijos comunes a todos los modelos, se consideró el grupo de contemporáneos (vaquería-año-trimestre de nacimiento-sexo de la cría), la edad al destete del ternero como covariable lineal y la edad de la madre, como covariable lineal y cuadrática.

Tabla 1. Característica de la estructura de la base de datos utilizada.

	Número de observaciones
Número de animales antes la edición	76425.0
Número de animales después de la edición	60628.0
Número de padres	228.0
Número de hijos por padres (rango)	40.0 - 1588.0
Número de madres	24039.0
Número de animales en el pedigrí	91347.0
Número de madres con dato	16200.0
Número de padres con dato	170.0
Rango de la edad de las madres (meses)	25.0 - 226.0
Número de grupos de contemporáneas (GC)	2063.0
Número de observaciones por GC	29.4
Edad promedio al destete (d)	201.0
Peso al destete (kg)	151.0
Rango del peso al destete (kg)	70.0 - 260.0
Desviación estándar de PD (kg)	28.6
Coefficiente de variación (%)	18.9

El modelo 1 constituyó el primer modelo animal sencillo, con los efectos genéticos aditivos como único efecto aleatorio. El modelo 2 fue igual que el 1, pero se adicionaron los efectos del ambiente permanente, debidos a la madre, y no correlacionados con otros efectos en el modelo. El 3 fue como el 1, pero se adicionaron los efectos aleatorios maternales genéticos, y se asumió una covarianza igual a cero entre los efectos directos y maternos. El modelo 4 fue igual al 3, pero permitió una covarianza entre los efectos directos y maternos. Los modelos 5 y 6 fueron similares al 3 y 4 respectivamente, pero incluyeron los efectos del ambiente permanente. En forma matricial, estos modelos se representan como sigue:

Modelo 1:  $y = Xb + Z_a a + e$

Modelo 2:  $y = Xb + Z_a a + Z_c c + e$

Modelo 3:  $y = Xb + Z_a a + Z_m m + e$  con  $cov(a, m) = 0$

Modelo 4:  $y = Xb + Z_a a + Z_m m + e$  con  $cov(a, m) \neq 0$

Modelo 5:  $y = Xb + Z_a a + Z_m m + Z_c c + e$  con  $cov(a, m) = 0$

Modelo 6:  $y = Xb + Z_a a + Z_m m + Z_c c + e$  con  $cov(a, m) \neq 0$

Donde:

$y$  = vector de las observaciones del peso al destete.

$b$  = vector de los efectos fijos que incluye el grupo de contemporáneas y la regresión de la edad de la madre y de la edad de la cría al destete en PD lineal y cuadrática.

$a$  = vector de los efectos aleatorios genéticos aditivos.

$m$  = vector de los efectos aleatorios genéticos maternos.

$c$  = vector de los efectos aleatorios del ambiente permanente.

$e$  = vector de los efectos aleatorios residuales.

$X, Z_a, Z_m, y Z_c$  son las matrices de incidencia, que relacionan las observaciones con los efectos fijos, aditivos directos, aditivos maternos y del ambiente permanente, respectivamente.

El primero y segundo momento de los componentes aleatorios para el modelo 6, que incluye todos los efectos, son los siguientes:

$$[a' \ m' \ c' \ e' \ y'] \sim N \{ [0' \ 0' \ 0' \ 0' \ (Xb)']', \Sigma \}$$

Donde:

$$\Sigma = \begin{bmatrix} A\sigma_a^2 & A\sigma_{am} & 0 & 0 & AZ'_c\sigma_c^2 \\ A\sigma_{am} & A\sigma_m^2 & 0 & 0 & AZ'_m\sigma_m^2 \\ 0 & 0 & I_n\sigma_c^2 & 0 & Z'_c\sigma_c^2 \\ 0 & 0 & 0 & I_N\sigma_e^2 & I_N\sigma_e^2 \\ Z'_aA\sigma_a^2 & Z'_m A\sigma_m^2 & Z'_c\sigma_c^2 & I_N\sigma_e^2 & V \end{bmatrix}$$

$A$  = matriz de relaciones aditivas entre todos los individuos en el pedigrí.

$I$  = matriz identidad.

$n$  = número de madres.

$N$  = número total de observaciones.

$\sigma_a^2$  = varianza genética aditiva de los efectos directos.

$\sigma_m^2$  = varianza genética aditiva de los efectos maternales.

$\sigma_{am}$  = covarianza genética aditiva entre los efectos directos y los maternales.

$\sigma_c^2$  = varianza de los efectos del ambiente permanente.

$\sigma_e^2$  = varianza del error y

$$V = Z'_aAZ'_a\sigma_a^2 + Z'_mAZ'_m\sigma_m^2 + (Z'_aAZ'_m + Z'_mAZ'_a)\sigma_{am} + Z'_cZ'_c + I\sigma_e^2$$

### Resultados y Discusión

En la tabla 2 se presentan los componentes de varianza estimados por los seis modelos estudiados para PD. De acuerdo al Log L, el modelo de mejor ajuste fue el 6, aunque no difirió significativamente del 5. Los valores de las estimas del componente de varianza del modelo 1, donde no se tuvieron en cuenta los efectos maternales, fue aproximadamente cinco veces superior al estimado en los modelos del 2 al 6, donde los efectos maternales se tuvieron en cuenta. Estos resultados su-

ponen una sobreestimación del componente aditivo directo, cuando los efectos maternos no son considerados en el modelo. Resultados similares publicaron Meyer (1992), Waldron *et al.* (1993) y Quintanilla *et al.* (1995).

Revisiones acerca de la heredabilidad del efecto directo del peso al destete en ganado de carne en países tropicales (Mercadante *et al.* 1995) y templados (Baker 1980 y Koot *et al.* 1994) informan valores muy similares y, por lo general, superiores a los hallados en este trabajo.

En una revisión reciente, realizada por Ríos (2008), donde utilizó 337 publicaciones de la literatura internacional, correspondiente al período entre 1940 y 2006, halló un valor promedio no ponderado para  $h^2$  de los efectos directos de 0.27 para todas las razas, y de 0.26 para Brahman y Nelore. Sin embargo, en la literatura se encuentran también valores similares a los encontrados en este estudio (Pang *et al.* 1994, Elzo *et al.* 2001, Plasse *et al.* 2002 y Núñez-Domínguez *et al.* 2006).

De alguna manera, los modelos del 2 al 6 tuvieron en cuenta los efectos maternos. En los modelos 2 y 3, donde solamente se consideró el efecto materno ambiental (M2) o el materno genético (M3), la inclusión de cualquiera de los dos efectos tuvo en cuenta toda la varianza materna (tabla 2). Esto coincide con los criterios de Meyer (1992), quien planteó que cuando uno solo de estos efectos maternos (genético o ambiental) se

considera, toda la variación maternal se tiene en cuenta. Cuando al modelo se adicionó el efecto del ambiente permanente (M5 y M6), entonces la variabilidad materna ambiental determinó entre 10-11 %, y la materna genética entre 4 y 8 %, para los modelos 5 y 6, respectivamente (tabla 3).

Respecto a la  $h^2$  para los efectos maternos, revisiones de la literatura internacional (Baker 1980, Knoot *et al.* 1994 y Ríos 2008) publican valores promedios superiores a los aquí encontrados. Por lo general, la  $h^2$  para los efectos directos es superior a la de los efectos maternos (Quintanilla y Piedrafita 2000). Sin embargo, en este trabajo resultaron similares e inferiores al promedio publicado en la literatura internacional.

Con respecto a los efectos del ambiente permanente, estos se tuvieron en cuenta en los modelos 2, 5 y 6, donde la  $\sigma_e^2$  y  $\sigma_p^2$  resultaron muy similares entre ellos y diferentes al resto (tabla 3).

Como muestra la tabla 3, los efectos  $c^2$  determinaron entre 10 y 13% de la variabilidad total. En su extensa revisión sobre este tema, Ríos (2008) encontró valores promedio no ponderados de 14 % para todas las razas, y de 12% para la raza Brahman y Nelore. Estos valores coinciden con los hallados en este trabajo.

Cuando se tuvo en cuenta la correlación genética aditiva entre los efectos directos y maternos para los modelos M4 y M6, esta alcanzó valores de -0.15 y -0.29, respectivamente. Sin embargo, al comparar los modelos 3, 4 y 5 con el 6, donde la única diferencia es la  $r_{am}$ , no existieron diferencias significativas, atendiendo a los valores de Log L (tabla 2). Esto puede significar que  $r_{am}$  no es significativamente importante. Ribeiro *et al.* (2007), en la raza Tabapua, encontraron una  $r_{am}$  para el peso al destete, similar a la hallada en este estudio. En ganado de carne, los estimados negativos para  $r_{am}$  han sido atribuidos a una covarianza ambiental entre madre y descendientes (Baker 1980), conocida como síndrome de las ubres grasas, y también a la interacción semental x vaquería (Meyer 1997). Bijma (2006) señala que no hay razón para esperar que la covarianza ambiental entre madre y descendientes esté restringida a casos especiales, como el síndrome de las ubres grasas (lo que es poco probable en este trabajo, dadas las condiciones de

Tabla 2. Componentes de (co)varianza estimados del peso al destete para los seis modelos estudiados

Comp.	Modelos					
	M1	M2	M3	M4	M5	M6
$\sigma_a^2$	152.1	35.0	27.7	28.7	27.1	30.4
$\sigma_m^2$	-	-	60.0	66.1	16.9	20.6
$\sigma_{am}$	-	-	-	-6.5	-	-7.3
$\sigma_c^2$	-	60.5	-	-	46.9	48.8
$\sigma_e^2$	335.3	360.0	375.4	374.7	363.8	362.0
$\sigma_p^2$	487.4	455.5	463.2	463.1	454.6	454.5
Log L	-262.0	-47.0	-77.0	-76.0	-3.0	0.0

$\sigma_a^2$  = varianza genética aditiva;  $\sigma_m^2$  = varianza genética materna;  $\sigma_{am}$  = covarianza genética aditiva entre los efectos directos y maternos;  $\sigma_c^2$  = varianza de los efectos permanentes ambientales;  $\sigma_e^2$  = varianza residual;  $\sigma_p^2$  = varianza fenotípica total.; Log L = diferencia del logaritmo de la verosimilitud con respecto al modelo 6

Tabla 3. Parámetros genéticos estimados del peso al destete para los efectos aleatorios en los seis modelos estudiados.

Param. Genet	Modelos					
	M1	M2	M3	M4	M5	M6
$h_a^2$	0.31±0.02	0.08±0.01	0.06±0.01	0.06±0.01	0.06±0.01	0.07±0.01
$h_m^2$	-	-	0.13±0.01	0.14±0.01	0.04±0.01	0.08±0.01
$c^2$	-	0.13±0.01	-	-	0.10±0.01	0.11±0.01
$r_{am}$	-	-	-	-0.15±0.11	-	-0.29±0.12

$h_a^2$  = heredabilidad efectos directos;  $h_m^2$  = heredabilidad efectos maternos;  $c^2$  = efectos del ambiente permanente;  $r_{am}$  = correlación genética aditiva entre los efectos directos y maternos.

crianza de la muestra), y que es posible que esta covariable sea un fenómeno general.

De acuerdo con los resultados anteriores, se concluye que cuando se ignoran los efectos maternos en el modelo para peso al destete, la heredabilidad para los efectos directos aditivos se sobreestima. Las heredabilidades para los efectos directos y maternos resultaron bajas. La correlación genética aditiva entre los efectos directos y maternos fue baja y negativa, aunque parece tener poca importancia como efecto antagónico. La respuesta a la selección para la mejora genética del peso al destete en el ganado Cebú cubano no debe resultar lo suficientemente efectiva, según indican los índices de herencia estimados.

### Agradecimientos

Se agradece al Ing. Franky Ramos, de la Dirección Nacional de Genética, y al Ing. Roberto Peinado, del Centro Nacional de Control Pecuario, por facilitar el acceso a la información.

### Referencias

Baker, R.L. 1980. The role of maternal effects on the efficiency of selection in beef cattle: A review. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 40:285

Bertrand, J.K. & Benyshek, L.L. 1987. Variance and covariance estimates for maternally influenced beef growth traits. *J. Anim. Sci.* 64: 728

Bicca Braganca, C., Dionello, N. J. L. & Cardoso, F. F. 2006. Estimativa de parámetros genéticos, componentes de (co)variancia e tendencias genéticas e fenotípicas produtivas predesmama em bvinos Devon no Rio Grande do Sul. *Ver. Brás. Zootec.* 35: 997

Bijma, P. 2006. Estimating maternal genetic effects in livestock. *J. Anim. Sci.* 84:800

Elzo, M.A., Martínez, G., González, F. & Huertas, H. 2001. Variabilidad y predicciones genéticas aditivas, no aditivas y totales para la producción del ganado de carne en el rebaño multirracial Sanmartinero-Cebú de la Libertad. *Rev. Gorpoica* 3:51

Gilmour, A.R., Cullis, B.R., Welham, S.J. & Thompson, R. 2000. ASReml Reference manual. NSW, Agriculture Biometric No.3 NSW Department of Agriculture. Orange. 210 pp.

Koots, K.R., Gibson, J.P. & Wilton, J.W. 1994. Analysis of published genetic parameters estimates for beef production traits. 1. Heritability. *Anim. Breed.* Abstr. 62:309

Mercadante, M.E.Z., Lobo, R.B. & de los Reyes, A. 1995. Parámetros genéticos para características de crecimiento en cebuinos de carne. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 3:45

Meyer, K. 1992. Variance components due to direct and maternal effects for growth traits of Australian beef cattle. *Livest. Prod. Sci.* 31:179

Meyer, K. 1997. Estimates of genetic parameters for weaning weight of beef cattle accounting for direct-maternal environmental covariances. *Livest. Prod. Sci.* 52:187

Núñez-Domínguez, R., Ramírez-Valverde, R., Hernández-Álvarez, O., Ruiz-Flores, A. Domínguez-Viveros, V. & García-Muñiz, J.G. 2006. Single vs. Bivariate analyses for the genetic evaluation of growth traits in Mexican cattle populations. *Proc. 8<sup>th</sup> WCGALP, Belo Horizonte, MG, Brasil, Comm. No. 03-67*

Pang, H., Lin, M.F., Makarechian, M. & Berg, R.T. 1994. Estimation of variance components due to direct and maternal effects for growth traits of young beef bulls in four breed groups. *Proc. 5th WCGALP. Guelph, Ontario. Canada.* 17:229

Plasse, D., Verde, O., Fossi, H., Romero, R., Hoogesteijn, R., Bastidas, P. & Bastardo, J. 2002. (Co)variance components, genetic parameters and annual trends for calf weights in a pedigree Brahman herd under selection for three decades. *J. Anim. Breed. Genet.* 119:141

Quintanilla, R. & Piedrafita, J. 2000. Efectos maternos en el peso al destete del ganado vacuno de carne: Una revisión. *ITEA. Vol. 96<sup>a</sup>. 1: 7-39*

Quintanilla, R., Pujol, M.R. & Piedrahita, J. 1995. Estimación de componentes de varianza para los efectos directos y maternos sobre el peso al destete. *Análisis en la población Bovina Bruna dels Pirineus. ITEA. (16): 230*

Ribeiro, S. H. A., Pereira, J. C. C., Verneque, R. S., Silva, M. A., Bergmann, J. A. G. & Marques, F. S. 2007. Estudo genético-quantitativo de características de crescimento na raça Tabapua. *Arq. Brás. Méd. Vet. Zootec.* 59:473

Ríos, A. 2008. Estimadores de parámetros genéticos para características de crecimiento predestete de bovinos. *Revisión. Tec. Pec. Mex.* 46:37

Waldron, D.F., Morris, C.A., Baker, R.L. & Johnson, D.L. 1993. Maternal effects for growth traits in beef cattle. *Livest. Prod. Sci.* 34:57

Willham, R. L. 1963. The covariance between relatives for characters composed of components contributed by related individuals. *Biometrics.* 19:18

**Recibido: 22 de enero de 2009**