

## APLICACIÓN EN CERDOS DE LA MODELACIÓN MATEMÁTICA DE CARACTERES CON INFLUENCIA MATERNA

C.M. Abeledo<sup>1</sup>, D. Guerra<sup>2</sup>, Dianelys González<sup>2</sup>, M. Gutiérrez<sup>1</sup>, Isabel Santana<sup>1</sup>, F.J. Diéguez<sup>1</sup>, Sonia Hernández<sup>1</sup>, Yusimy Camino<sup>1</sup>, Marisol Ramírez<sup>1</sup> y Felicia Brache<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones Porcinas. Gaveta Postal No. 1, Punta Brava. La Habana, Cuba  
email: cabeledo@iip.co.cu

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal y la Ganadería Tropical. Carretera Central, km. 21½, Loma de Tierra. La Habana, Cuba  
email: dg@cima-minag.org

### RESUMEN

*Con el propósito de estimar los parámetros fenotípicos y genéticos en caracteres con influencia materna mediante la modelación matemática, se utilizó una muestra de 9672 registros fenotípicos de cerdos CC21 del Centro Genético "El Jigüe". Los rasgos estudiados fueron peso al destete (PD), peso a los 100 días (P100) y peso final (PF), ajustados con sus respectivas edades como covariables lineales. Se consideraron los años desde 1993 hasta el 2005. Como efecto fijo se utilizó la paridad de la cerda así como el grupo contemporáneo año - bimestre como criterio de época y el sexo. Para calcular las heredabilidades y las correlaciones de cada rasgo se empleó un modelo animal maternal utilizando el programa ASReml.*

*Las correlaciones genéticas y fenotípicas entre los rasgos de crecimiento resultaron bajas y positivas. La varianza materna aditiva fue inferior a la materna 0.12, 0.13 para el PD, no así para el PF 7.25, 2.40. Las índices de herencia para los efectos aditivos de los rasgos de PD, P100 y PF fueron de 0.052, 0.088 y 0.069 inversamente a los efectos maternos para los mismos rasgos con medias 0.05, 0.01 y 0.02 respectivamente.*

*Las correlaciones genéticas entre los rasgos de peso fueron negativas lo que indica la existencia de un antagonismo genético entre el potencial de crecimiento y el efecto materno.*

**Palabras Claves:** estimación, efectos maternos, cerdos

**Título corto:** Modelación matemática en cerdos

## APPLICATION IN PIGS OF MATHEMATICAL MODELING OF CHARACTERS WITH MATERNAL INFLUENCE

### SUMMARY

*In order to estimate phenotypic and genetic parameters in character with maternal influence through mathematical modeling used a sample of 9672 phenotypic records of pigs CC21 Genetic Center "The Jigüe." Traits studied were weaning weight (WW), weight at 100 days (W100) and final weight (FW) being adjusted with their respective ages as linear covariates. We considered the years from 1993 to 2005. Like fixed effect sow parity and the contemporary group year - two months as a criterion for age and sex were used. The heritabilities and correlations of each trait were calculated using a maternal animal model using the program ASREML.*

*The genetic and phenotypic correlations between growth traits were low and positive. The maternal additive variance was lower than maternal 0.123, 0.137 for WW, but not for the FW 7.257, 2.404. The rates of inheritance to the additive effects of the features of WW, W100 and FW were 0.052, 0.088 and 0.069 inversely to maternal effects for the same traits with 0.057, 0.017 and 0.023 averages respectively.*

*The genetic correlations between weight traits were negative indicating the existence of a genetic antagonism between growth potential and the maternal effect.*

**Key words:** estimation, maternal effects, pigs

**Short title:** Mathematical modeling on pigs

## INTRODUCCIÓN

En los programas de mejora genética es de suma importancia que las estimaciones de los parámetros genéticos sean siempre actualizadas debido a los cambios ocurridos en la población donde los mismos fueron estimados (Bittencourt et al 2000). El conocimiento de estos parámetros genéticos, que expresan cuánto de la variabilidad total ligada a la expresión de una característica es debida a la variación genética aditiva, es imprescindible para estimar valores genéticos más exactos, para optimizar los esquemas de mejora y predecir la respuesta a la selección (Peters et al 1998).

Dentro de la metodología modelos mixtos MMM, el modelo animal es el más adecuado a la modelización de datos productivos, ya que capta de forma completa la estructura de varianza y covarianza (Henderson 1984) y describe en su totalidad el flujo de genes desde la generación base, posibilitando la corrección del efecto de la selección (Sorensen y Kennedy 1984).

El modelo animal con efectos maternos denominado Modelo animal materno fue descrito por primera vez por Quaas y Pollak (1980) en el ámbito de la evolución genética de ganado vacuno de carne, siendo en la actualidad el más ampliamente aceptado para la modelización de los caracteres con influencia materna. El Modelo animal materno (Quaas y Pollak 1980; Henderson 1988), reposa en la descomposición de los efectos de los genes formalizadas por Willham con las hipótesis de estricta aditividad de los efectos genéticos e independencia ambiental entre efectos directos y maternos.

El objetivo del presente trabajo fue estimar los componentes de (co)varianza en caracteres con influencia materna mediante la modelación matemática.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron 9 672 registros fenotípicos de peso al destete (PD), peso a los 100 días (P100), y peso final (PF), de 4996 machos y 4676 hembras del genotipo porcino CC21, provenientes del Centro Genético "El Jigüe", evaluados en prueba de comportamiento en el período 1993-2005. A partir de la base de datos, se creó un fichero de pedigrí conformado por 10 680 individuos que contenían la identificación de los animales, así como la del padre y la madre de cada uno de ellos. Esta incluyó a todos los animales presentes en la base de datos, tuvieran o no registros. Cuando no se conocía la identificación de alguno de los padres de un animal, ésta se reemplazó con un cero. Los componentes de varianza de efecto directo, materno y ambiente permanente fueron estimados mediante la metodología REML y para ello se trabajó con el paquete ASReml de Gilmour et al (2000) bajo el siguiente modelo matemático:

$$Y = Xb + Za + Wm + Sp + e$$

En este modelo,  $y$  = vector de las observaciones de orden  $n \times 1$ , donde  $n$  es el número total de observaciones,  $b$  = vector de los efectos fijos de la paridad y el grupo de contemporánea (año de nacimiento, bimestre, sexo),  $a$  = vector de los efectos genéticos directos,  $m$  = vector de los efectos genéticos aleatorios maternos,  $p$  = Vector de los efectos permanentes del ambiente,  $e$  = vector de los efectos aleatorios residuales, mientras que  $X$ ,  $Z$ ,  $W$  y  $S$  eran matrices de incidencia o diseño

que relacionan los datos con los efectos fijos, animal, genético materno y ambiente permanente respectivamente. Donde se asume que:

$$\text{var} \begin{bmatrix} a \\ m \\ p \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_{11}A & g_{12}A & 0 & 0 \\ g_{21}A & g_{22}A & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I\sigma_p^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I\sigma_e^2 \end{bmatrix}$$

En la que  $g_{11}$  es la varianza genética aditiva para el efecto directo,  $g_{22}$  es la varianza genética aditiva para el efecto materno,  $g_{12}$  es la covarianza genética aditiva entre los efectos directo y materno,  $\sigma_p^2$  es la varianza debida a los efectos permanentes del ambiente y  $\sigma_e^2$  es la varianza del error residual. La varianza de  $y$  es:

$$\text{var.}(y) = [Z \quad W] \begin{bmatrix} g_{11}A & g_{12}A \\ g_{21}A & g_{22}A \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z' \\ W' \end{bmatrix} + I\sigma_p^2 S' + \sigma_e^2$$

## RESULTADOS Y DISCUSION

En la tabla 1 se muestran las correlaciones entre los rasgos analizados. Las correlaciones genéticas y fenotípicas, entre los rasgos de pesos resultaron bajas y positivas en todos los casos coincidieron con los informados por Prieto et al (2003). Estos resultados pudieran estar condicionados a los problemas nutricionales existentes en el período analizado, coincidiendo con lo reportado por Medel y Fuentetaja (2004); Tibau y Soler (1999, 2003), quienes agregan que una correlación baja y positiva puede estar determinada entre otros factores por la alimentación, donde con una buena dieta en cantidad y calidad asegura un aumento de peso y por consiguiente del tamaño corporal.

**Tabla 1. Correlaciones genéticas (sobre la diagonal) y fenotípicas (debajo de la diagonal) entre los caracteres estudiados**

	Peso, kg		
	Destete	100 días	Final
Destete	1.000	0.28 ± 0.148	0.18 ± 0.149
100 días	0.36 ± 0.013	1.000	0.52 ± 0.108
Final	0.31 ± 0.013	0.34 ± 0.013	1.000

Suárez et al (1982), informan que la correlación fenotípica está determinada principalmente por la correlación ambiental, donde si ambos caracteres tienen heredabilidades bajas la correlación fenotípica sería la determinante, en cambio si los valores obtenidos fuesen de alta heredabilidad, entonces la correlación genética sería la de mayor importancia.

En la tabla 2 se muestran los componentes de varianza para los pesos estudiados. Los resultados de este estudio fueron superiores a los encontrados por Abeledo et al (2005) para esta misma raza pero en el período del 1992 al 2002.

**Tabla 2. Componentes de varianza para el rasgo de peso**

Componentes	Peso, kg		
	Destete	100 días	Final
$\sigma^2_a$	0.12	1.45	7.25
$\sigma^2_m$	0.13	0.28	2.40
Cov (a,m)	-0.08	-0.28	-1.30
$\sigma^2_c$	0.24	1.80	7.64
$\sigma^2_e$	1.97	13.51	88.91
$\sigma^2_P$	2.39	16.62	104.9

Varianza de efecto directo ( $\sigma^2_a$ ) y materno ( $\sigma^2_m$ ),  
Correlación entre efecto directo y materno (Corr<sub>a,m</sub>)  
Varianza del efecto permanente ( $\sigma^2_c$ ) error ( $\sigma^2_e$ ) y  
fenotípica ( $\sigma^2_P$ )

Como se puede apreciar el valor de la ( $\sigma^2_a$ ) para el PD, P100 y PF son bajos, lo que indica que se tuvieron en cuenta los efectos maternos y el ambiente permanente dentro del modelo coincidiendo nuestros resultados con los obtenidos por Hernández et al (1995), quienes informan que la estima del efecto aditivo directo es relativamente consistente independientemente del modelo utilizado, por lo que al no incluir en estos el componente materno, los valores de ( $\sigma^2_a$ ) están sobrestimados.

La ( $\sigma^2_a$ ) para el PD va hacer inferior a la ( $\sigma^2_m$ ) con valores de 0.123 vs 0.137, lo que presupone una mayor influencia de la madre sobre las crías existiendo posteriormente una inversión a medida que el animal crece.

De este modo Meyer (1992) señala que uno de los factores que más afecta en la estimación de estos parámetros son la cantidad de información y las estructuras familiares disponibles siendo a menudo insuficientes. Así mismo Gerstmayr (1992); Gutiérrez et al (1997); De Mattos et al (2000) y Van der Werf y Goddard (2003), demostraron que las estructuras con pocos descendientes por madre y pocas madres con registros, conducen a un aumento drástico del error estándar y la correlación de muestreo, de igual forma que los componentes de varianza depende de estas estructuras y cantidades de datos, donde la menor precisión afecta en mayor medida los parámetros maternos, especialmente la correlación genética entre efecto directo y materno, para la que la mayoría de las estimaciones muestran valores medianamente negativos.

En los diferentes modelos se encontró que la varianza residual ( $\sigma^2_e$ ) representó en todos los casos la mayor parte de la varianza fenotípica ( $\sigma^2_P$ ). Fernández (2004), sugiere que los factores no genéticos son los principales responsables de la variabilidad de este carácter lo cual esta en correspondencia con los resultados de este trabajo. Hernández et al (1995), refieren que el componente más crítico es la covarianza entre los efectos aditivos directo y materno, donde se puede poner de manifiesto un drástico cambio en la verosimilitud en sentido no esperado. La mayoría de los autores consultados que han trabajado no solo en porcino, sino bovino de carne (Meyer 1992; Alfonso 1995; Quintanilla y Piedrafito 2000) en los modelos en que se incluye la (Cov<sub>a,m</sub>), se aprecia un aumento

sustancial en la estima de las varianzas aditivas ( $\sigma^2_a$ ) coincidiendo con este trabajo, donde los valores de las ( $\sigma^2_a$ ) de los modelos III y IV de todos los pesos son superiores a las del modelo II.

En la tabla 3 se exponen los índices de herencia ( $h^2$ ) y correlaciones para los diferentes rasgos de peso estudiados. Como puede apreciarse los valores de heredabilidad para los efectos directos ( $h^2_a$ ) son inferiores a los efectos maternos ( $h^2_m$ ) en el peso al destete existiendo posteriormente una inversión a medida que el animal arriba a la adultez.

Quintanilla y Piedrafito (2000), refieren que la heredabilidad estimada para los efectos maternos es siempre superior a la de los efectos directos en las primeras etapas de vida del animal sugiriendo una mayor contribución de la capacidad maternal de la madre en el fenotipo de los descendientes que el propio fenotipo de estos para el efecto directo. No obstante se debe resaltar que estos valores de heredabilidad son bajos atendiendo al tipo de carácter en estudio.

**Tabla 3. Heredabilidades y correlaciones para el rasgo de peso**

	Peso, kg		
	Destete	100 días	Final
$h^2_a$	0.05 ± 0.02	0.08 ± 0.02	0.07 ± 0.02
$h^2_m$	0.06 ± 0.02	0.02 ± 1.01	0.02 ± 0.01
$r_{gam}$	-0.68 ± 0.17	-0.68 ± 0.25	-0.32 ± 0.20
$c^2$	0.10 ± 0.01	0.11 ± 0.01	0.07 ± 0.01

heredabilidad de los efectos directos ( $h^2_a$ ) y  
maternos ( $h^2_m$ ), Correlaciones genéticas entre los  
efectos directos y maternos ( $r_{gam}$ )  
Efecto del ambiente permanente ( $c^2$ )

En todos los casos analizados, las correlaciones genéticas entre los efectos directos y maternos ( $r_{gam}$ ) fueron negativas, lo que evidencia un antagonismo clásico descrito anteriormente por Quintanilla y Piedrafito (2000) entre esos dos efectos, dado por el propio crecimiento, haciéndose más evidente los efectos maternos en las primeras etapas de vida del animal que en la adultez. Estos resultados coinciden con los informados por Meyer (1992) y Hernández et al (1995), quienes refieren que la presencia de este antagonismo entre el efecto materno y el residuo que afecta al fenotipo, conduce a la infraestimación del componente genético materno y la sobrestimación del componente ambiental. Por otro lado, se debe tener presente que los parámetros maternos serían, junto con la correlación genética entre efectos directos y maternos, los mas afectados por la existencia de una relación ambiental entre los efectos directos y maternos, debida a una influencia de la madre sobre la capacidad materna de sus descendientes. Quintanilla y Piedrafito (2000), agregan que a medida que los individuos van creciendo se evidencia el efecto directo y disminuye el efecto materno lo que se corroboró en este estudio.

Las correlaciones genéticas y fenotípicas obtenidas en este estudio entre los diferentes rasgos estudiados fueron bajas y positivas. Por otra parte las heredabilidades para los efectos directos tuvieron valores inferiores que los efectos maternos en el peso al destete, no así en el peso a los 100 días y el peso final. Las correlaciones entre los efectos directos y maternos fueron negativas, lo que indica la existencia de un antagonismo genético entre el potencial de crecimiento y el efecto materno.

#### REFERENCIAS

- Abeledo, C.M., Gonzáles-Peña, D., Guerra, D., Hernández, S., León, E., Diéguez, F.J., Santana, I. y Camino, Y. 2005. Estimación de componentes de (co) varianza de efecto directo y materno en rasgos de crecimiento en cerdos CC21. In: Congreso Internacional de Producción Animal Tropical, La Habana, Disponible en CD
- Alfonso, L. 1995. Variabilidad genética y selección de la prolificidad en porcino. Tesis DrSci. Universidad de Lleida. Lleida, 120 P
- Bittencourt, T.C.C., Marajó de Carvalho, C.J., Barbosa, R. y Berra, L.F. 2000. Estimación de componentes de (co)variâncias e predição de DEP'S para características de crecimiento pós-desmama. In: Pecuaria 2000, Perspectivas para o III Milenio. 1Firessununga
- De Mattos, D., Mistal, I., Bertrand, J. K. 2000. Variance and covariance components for weaning weight for Herefords in three countries. *Journal Animal Science*, 78(7):33-37
- Fernández, L. 2004. Modelos estadísticos matemáticos en el análisis de la curva de lactancia y factores que la afectan en el genotipo Siboney de Cuba. Tesis DrSci. Universidad Agraria de la Habana, La Habana, 100 p
- Gerstmayr, S. 1992. Impact of data structure on the reability of the estimated genetic parameters in an animal model with maternal effects. *Journal of Animal Breed Genetics*, 109: 321-336
- Gilmour, A.R., Thompson, R., Cullis, B.R. y Wolham, S.J. 2000. ASReml Reference Manual. Orange, New South Wales, Australia
- Gutiérrez, J. P., Cañón, J., Goyache, F. 1997. Estimation of direct and maternal genetic parameters for preweaning traits in the Asturiana de los Valles beef cattle breed through animal and sire models. *Journal Animal Breed of Genetics*, 114:261-266
- Henderson, C.R. 1984. Applications of linear models in animal breeding. *Journal Animal Science*, 50:920-934
- Henderson, C.R. 1988. Theoretical basis and computational methods for a number of different animal models. Proceedings of the animal model workshop. *Journal Dairy Science*, 71(supp.2):1-16
- Hernández, D., Díaz, C., Alenda, R. 1995. Estimación de componentes de varianza ligada al peso al destete en animales de la raza Avileña-negra ibérica. *Producción animal*, 16(1):221-223
- Medel, P y Fuentetaja, A. 2004. Efecto del Perfil Genético, Sexo, Peso al Sacrificio y La Alimentación sobre la productividad y la calidad de la canal y carne de cerdos grasos. Disponible: <http://www.cerdos-swine.com/diciembre%2004/genetica.htm>
- Meyer, K. 1992. Programs to estimate variance components by restricted maximum likelihood using a derivative-free algorithm. I.C.A.P.B. Universidad de Edimburgo, UK, pp 34-38
- Peters, S.O., Nwosu, I.C., Ozoje, M.O. y Ikeobi, C.O.N. 1998. Genetic parameter estimates for growth traits in cattle genotypes. In: 6th World Congress of Genetics Applied to Livestock Production, 23:101
- Prieto, P., León, E., Brache, F. y Diéguez, F.J. 2003. Correlaciones de peso al destete, a los 100 días y finales en cerdos CC21 Cubanos. XV Forum de Ciencia y Técnica (Primera Parte IIP). Instituto de investigaciones Porcinas, La Habana, 26 p
- Quaas, R.L. y Pollak, E.J. 1980. Mixed model methodology for farm and ranch beef cattle testing program. *Journal Animal Science*, 51:1277-1287
- Quintanilla, R y Piedrafita, J. 2000. Efecto materno con el peso al destete del ganado vacuno. *Instituto Tecnológico de Educación Avanzada (ITEA)*, 96A (1):7-39
- Sorensen, D.A y Kennedy B.W. 1984. Estimation of genetic variants from unselected and selected populations. *Journal Animal Science*, 59:1.213-1.223
- Suárez, M., Guerra, D., Pérez, T. y De los Reyes, A. 1982. Manual de genética animal II y III. Edit. ENPSES. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana, La Habana, pp 131-139
- Tibau J y Soler. J. 2003. Calidad y eficiencia productiva. Jornada técnica. 13 de juny de 2003. Auditórium irta-monells
- Tibau, J.; Soler, J. 1999. Selección Porcina y Eficiencia Productiva. I Jornada de Porcino. VIC. p P 34
- Van der Werf, J. y Goddard, M. 2003. Models and methods for genetic analysis. Course notes. University of new England (UNE)