

## Aplicación de un modelo de regresión aleatoria para la estimación de los parámetros genéticos del rendimiento deportivo en caballos jóvenes de la raza Trotador Español: resultados preliminares

M.D. Gómez\*, M. Valera\*\*, A. Molina\*, A. Menendez-Buxadera\*

\* Departamento de Genética. Universidad de Córdoba. Ctra. Madrid-Cádiz km.396ª. 14071 Córdoba. España.

\*\* Departamento de Ciencias Agroforestales. Universidad de Sevilla. Ctra. Utrera km 1. 41013 Sevilla. España

E-mail: pottokamdg@gmail.com

### Resumen

Un total de 36212 registros deportivos recopilados entre 1990-2006 en 2325 caballos trotadores en España fueron estudiados mediante Modelos de Regresión Aleatoria (RRM) para la estimación de los componentes de los parámetros genéticos del rendimiento funcional en caballos jóvenes (2-4 años) de esta raza en carreras de distancias entre los 1600 y 2750 metros. El pedigrí de cada animal ha sido completado hasta la cuarta generación, generando una figura de 9201 individuos. La variable dependiente analizada ha sido el tiempo medio en recorrer un kilómetro en las diferentes distancias de carrera en las que han participado. El hipódromo-fecha de carrera (405) y el sexo (3: macho, hembra y castrado) se han incluido como efectos fijos en el modelo, también un polinomio de Legendre de orden 2 fue incorporado como efecto fijo. Los animales (9201), el conductor (1007) y los efectos ambientales permanentes causados por los registros de las participaciones repetidas de un mismo animal han sido incorporados como variables aleatorias, aplicando en ambos casos un polinomio Legendre de orden 1. Los resultados muestran que los componentes de la varianza aditiva y el nivel de heredabilidad ( $h^2$ ) disminuyen a medida que aumenta la distancia de la carrera (oscilando entre una  $h^2$  de 0,32 a los 1600 m y de 0,12 a los 2700 m). Las correlaciones genéticas entre las distancias más próximas han sido superiores. La metodología de estimación utilizada permite una función de los valores genéticos con la que se pueden estimar los valores de cría (BV) de cada animal en todo el recorrido de distancias analizadas. Se ha estimado una variabilidad muy elevada para los BV y se han detectado importantes diferencias en la forma de respuesta de los caballos en la trayectoria de la curva de distancias. El uso de un RRM en los programas de cría para la valoración genética del rendimiento en caballos Trotadores Españoles está muy recomendado.

**Palabras clave:** Competiciones deportivas, Equino, Regresión aleatoria, Valoración genética

### Summary

**Application of a random regression model for genetic parameters estimation of race performance in young Spanish Trotter horses: Preliminary analysis**

A total of 36212 racing performance data recorded between 1990 and 2006 from 2325 Trotter horses in Spain were studied by Random Regression Model (RRM), in order to estimate the genetic parameters for race performance in young horses (2-4 years old) of this breed by distances ranging between 1600-2750m. The pedigree of each horse was extended until the fourth generation, with a total of 9201 individuals. Racing time per kilometre over the trajectory of distances was the dependent variable. The hippodrome-date of race (405), sex (3: male, female and gelding) and a

second order Legendre polynomial were the fixed effects. The animals (9201), the driver (1007) and the permanent environmental effects due to repetitions of records from the same animals were incorporated as random with a Legendre polynomial of order 1 in the model. According to our results, the additive variance components and the heritability ( $h^2$ ) decrease as race distance increase, (ranging between  $h^2=0.32$  at 1600 m and  $h^2=0.12$  at 2700 m). The genetic correlations between close distances were higher. With these results, it was possible to estimate the Breeding Value (BV) for all animals and all distances represented in the data set. A very high variability was estimated for the BV and important differences were detected in the form of responses of the horses along the trajectory of distances. The use of RRM is highly recommended in the breeding programs of racing performance of the Trotter horse in Spain.

**Key words:** Sportive competitions, Equine, Random regression, Breeding evaluation

## Introducción

El Caballo Trotador Español es una raza criada y utilizada mayoritariamente en las Islas Baleares, donde participa en las carreras de trote que se celebran durante todo el año (Gómez et al., 2005). Por ello, el objetivo de su Programa de Selección y Mejora, aprobado en 2005, es "conseguir un animal capaz de destacar en las competiciones de trote en las que participe a nivel nacional e internacional, con una conformación que favorezca su funcionalidad y un temperamento que le haga ansiar la victoria" (<http://www.mapa.es/ganaderia/pags/equino/seleccion/trotador.pdf>).

El rendimiento deportivo de esta raza ya se ha valorado genéticamente mediante una metodología BLUP modelo animal (Gómez et al., 2007) utilizando el archivo histórico de datos deportivos de la Federación Balear de Trote, lo que ha dado lugar a la publicación del primer Catálogo de Reproductores de esta raza (Gómez et al., 2008). Sin embargo, para optimizar el proceso selectivo es necesario ofrecer más información que oriente sobre el sentido, los criterios y el momento óptimo para la selección de los individuos.

Los modelos de regresión aleatoria proporcionan estimas de las (co)varianzas menos sesgadas (Kirkpatrick et al., 1990), permi-

tiendo la estimación de estos parámetros entre clases o a determinadas clases con un menor número de parámetros (Bugislaus et al., 2006). Por ello, en este trabajo se ha abordado el desarrollo de un modelo de Regresión Aleatoria para el tiempo de carrera (tiempo por kilómetro) en animales jóvenes con el objetivo de analizar las variaciones genéticas de la velocidad en función de la distancia de carrera.

## Material y métodos

Se han analizado 36.212 registros funcionales de carreras de trote de 2.325 caballos jóvenes (2-4 años) de la raza Trotador Español recopilados entre 1990-2006 por la Federación Balear de Trote, de los cuales el 52,6% son participaciones de machos, el 47,3% de hembras y el 0,1% de castrados. El pedigrí de cada animal controlado se ha completado hasta la cuarta generación conocida, generando una figura total de 9201 individuos.

La variable dependiente analizada ha sido la velocidad kilométrica (tiempo en recorrer un kilómetro,  $\text{velocidad}^{-1}$ ) para cada una de las distancias entre 1.600 y 2.750 m. La concatenación de los factores hipódromo-fecha

de carrera (405 niveles) y el sexo (3 niveles: machos, hembra y castrado) se han incluido como efectos fijos en el modelo, al propio tiempo un polinomio de Legendre de orden 2 fue incorporado como efecto fijo. Los animales (9.201), el conductor (1.007) y los efectos ambientales permanentes, causados por los registros de las participaciones repetidas de un mismo animal en diferentes carreras, se han incorporado como variables aleatorias; en ambos casos un polinomio de Legendre de orden 1 fue aplicado. Todo el procesamiento se llevó a cabo con el software ASREML (Gilmour et al., 2000).

## Resultados y discusión

Generalmente se han utilizado tres tipos de variables para la valoración de los trotadores: tiempo, clasificación y ganancias económicas (Langlois, 1984). El tiempo en recorrer

un kilómetro o velocidad kilométrica es un reflejo de la capacidad media de velocidad de un animal a lo largo de toda la carrera (Árnason, 2001), estando considerada la variable más importante en la selección (Bugislaus et al., 2005) por relacionarse con los objetivos establecidos (Bugislaus et al., 2006). En estudios anteriores, esta variable presentó una heredabilidad de 0,24 en esta raza (Gómez et al., 2007), estando dentro de los rangos establecidos por la bibliografía consultada para los trotadores europeos y americanos.

Según nuestros resultados, utilizando la metodología de regresión aleatoria, los componentes de la varianza aditiva ( $v_a$ ) y el nivel de heredabilidad ( $h^2$ ) disminuyen a medida que aumenta la distancia de la carrera (figura 1), obteniéndose los mayores niveles a las menores distancias ( $v_a = 7,57$  y  $h^2 = 0,32$  a los 1.600 m). Así mismo, las correlaciones genéticas entre las distintas distan-

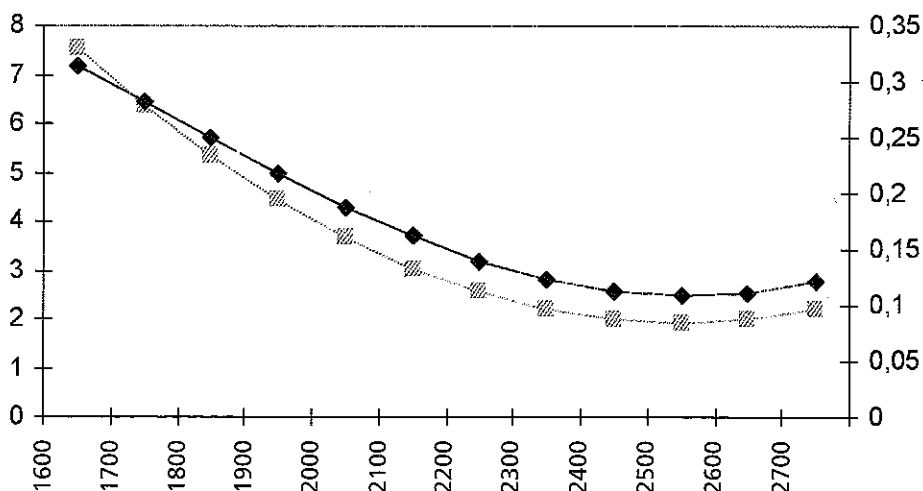


Figura 1. Representación de la varianza genética (□) y la heredabilidad (◇) según la distancia utilizando la media kilométrica en Trotador Español.

Figure 1. Representation of genetic variance (□) and heritability (◇) by distance, using racing time in Spanish Trotter horses.

cias analizadas (tabla 1) han sido muy variables, oscilando entre 0,16 y 0,99. Como cabría esperar, los valores obtenidos son más elevados cuanto más cercanas son las distancias (siendo máximas entre distancias adyacentes).

Con esta metodología se obtiene para cada animal una función de valores genéticos para todo el intervalo de distancias analizadas. Esto permite estimar los valores de cría (BV) de todos los animales para las distancias de 1.600 hasta los 2.750 m independien-

Tabla 1. Correlaciones genéticas entre las distancias analizadas usando la velocidad kilométrica en el Trotador Español

Table 1. Genetic correlations between distances analysed using racing time in Spanish Trotter Horses

Dist	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700
1600		0,999	0,993	0,982	0,961	0,924	0,866	0,779	0,657	0,504	0,334	0,164
1700			0,998	0,991	0,974	0,943	0,891	0,811	0,696	0,549	0,383	0,216
1800				0,997	0,986	0,962	0,918	0,846	0,739	0,601	0,441	0,277
1900					0,996	0,980	0,945	0,883	0,788	0,659	0,507	0,348
2000						0,994	0,971	0,922	0,841	0,725	0,583	0,432
2100							0,991	0,959	0,895	0,796	0,669	0,528
2200								0,988	0,946	0,869	0,761	0,635
2300									0,985	0,935	0,852	0,747
2400										0,982	0,930	0,852
2500											0,982	0,935
2600												0,985

temente de que hayan o no participado en carreras de una de estas distancias. Analizando estas funciones se han detectado importantes diferencias en la forma de respuesta de los caballos en la trayectoria de la curva de distancias. En la figura 2, donde se ha representado la trayectoria de la curva de los valores de cría del mejor y el peor animal para 1.600 y 2.700 metros (menor y mayor distancia, respectivamente) se puede observar como presentan valores genéticos muy diferentes para la distancia comparativa que hemos fijado, pero sus valores genéticos son muy similares e incluso idénticos en

la distancia extrema. Según esto, en la selección de animales para trote es importante la distancia a la que se recogen los datos y la clase de distancia en la que queremos competir con los animales. Además, teniendo en cuenta la forma de la curva, en ambos casos se evidencia que existen diferentes tipos de animales, ya que algunos de ellos son genéticamente "estables" en las distintas distancias y otros presentan valores genéticos muy variables en función de la clase de distancia con la que estemos trabajando, lo cual determinará un rendimiento muy diferente según la distancia en la que participen.

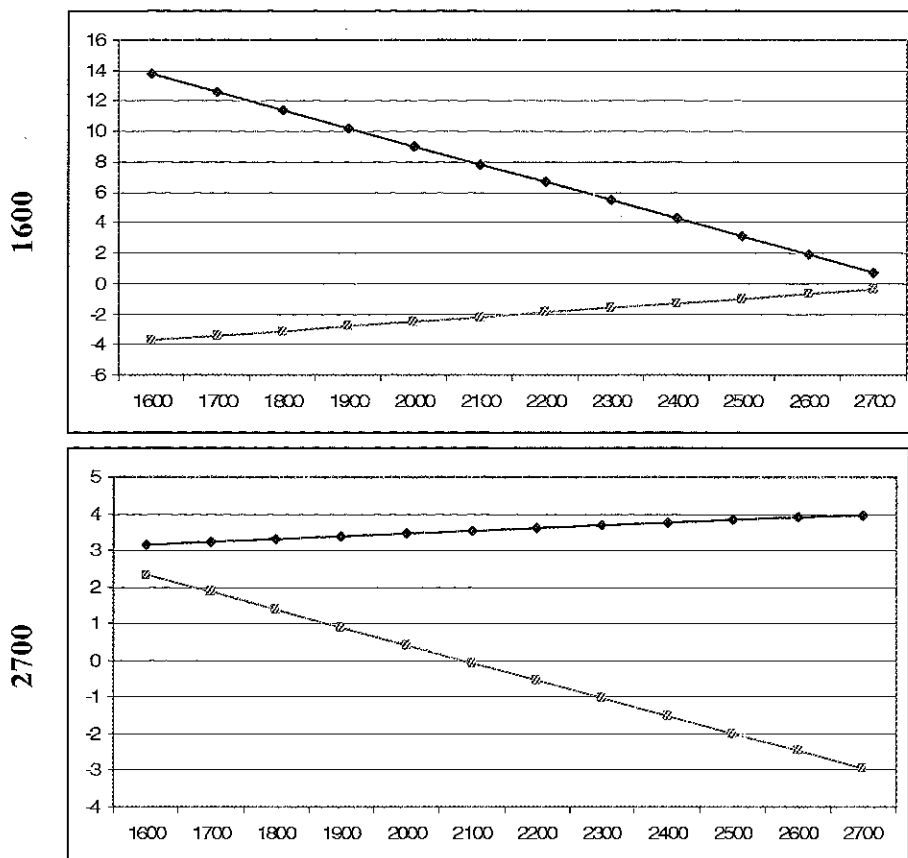


Figura 2. Representación gráfica de la curva de valores genéticos del mejor y peor animal para las distancias de 1.600 y 2.700 metros para la variable velocidad kilométrica en Trotador Español.  
 Figure 2. Representation of curve of breeding values for better and worst animals in 1,600 and 2,700 metres for racing time in Spanish Trotter Horses.

**Conclusión**

Estos resultados muestran la utilidad de los modelos de regresión aleatoria en la estimación de los parámetros genéticos de la variable tiempo en carrera (velocidad kilométrica) según la distancia para caballos jóvenes de trote en España. Las variaciones detectadas en los niveles de heredabilidad nos permiten afirmar que va a existir una predisposición genética diferente para cada distancia y por lo tanto

que cabe esperar un rendimiento heterogéneo de los animales según la distancia a la que compitan. Este hecho es esencial a la hora de la selección precoz de los animales destinados a la competición y de los futuros reproductores en función del tipo de carrera en las que vayan a participar. Por otra parte, las elevadas correlaciones genéticas detectadas entre las distintas distancias evidencian que los valores de cría serán estimados con suficiente fiabilidad empleando estos modelos.

## Agradecimientos

Los autores quieren agradecer su constante interés y su ayuda en la recogida de datos a la Asociación de Criadores y Propietarios de Caballos Trotadores. Así mismo, destacar la labor realizada durante años por la Federación Balear de Trote, sin la cual hoy en día no sería posible abordar la mejora genética de esta raza.

## Bibliografía

- Arnason T, 2001. Trends and asymptotic limits for racing speed in standardbred trotters. *Livest. Prod. Sci.* 72: 135-145.
- Bugislaus AE, Roehe R, Kalm E, 2005. Comparison of two different statistical models considering individual races or racetracks for evaluation of German Trotters. *Livest. Prod. Sci.* 92: 69-76.
- Bugislaus AE, Roehe R, Willms F, Kalm E, 2006. The use of a random regression model to account for change in racing speed of German trotters with increasing age. *J. Anim. Breed. Genet.* 123: 239-246.

Gómez MD, Moll P, Roca B, Azor PJ, Valera M, 2005. Sistemas de valoración genética del caballo trotador en Europa. *Medicina Militar* 61: 228-230.

Gómez MD, Cervantes I, Molina A, Moll P, Valera M, 2007. Genetic evaluation of Spanish Trotters' performance. 58th Annual meeting of the European Association of Animal Production, Dublin, Ireland, 26-29 August 2007.

Gómez MD, Valera M, Molina A, Medina C, Bartolomé E, Cervantes I, Carreras AJ, Moll P, 2008. Catálogo de Reproductores de Raza Trotador Español 2008. Ed. Asociación de Criadores y Propietarios de Caballos Trotadores (AsTROT). Palma de Mallorca. España.

Kirckpatrick M, Lofsvold D, Bulmer M, 1990. Analysis of the inheritance, selection and evolution of growth trajectories. *Genetics* 124: 979-993.

Langlois B, 1984. L'heritabilité des performances chez le trotteur. Une revue bibliographique. *Ann. Génét. Sél. Anim.* 14: 399-422.

(Aceptado para publicación el 28 de abril de 2008)