

## **Influencia de razas parentales en el rendimiento deportivo de razas equinas cruzadas: Determinación de la combinación racial óptima en el rendimiento deportivo de la disciplina de Concurso Completo de Equitación**

Cervantes, I.<sup>a</sup>, Bartolomé, E.<sup>b</sup>, Valera, M.<sup>b</sup>, Gutiérrez, J.P.<sup>a</sup>, Molina, A.<sup>c</sup>

<sup>a</sup> *Departamento de Producción Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad Complutense de Madrid, Avda. Puerta de Hierro s/n, 28040 Madrid, España.*

*icervantes@vet.ucm.es*

<sup>b</sup> *Departamento de Ciencias Agroforestales, ETSIA, Universidad de Sevilla, Ctra. Utrera, km1, 41013, Sevilla, España.*

<sup>c</sup> *Departamento de Genética. Universidad de Córdoba. Edificio Mendel (C5), planta baja. Ctra. Madrid-Córdoba, km 396<sup>a</sup> - 14072. Córdoba, España.*

### **RESUMEN**

El Caballo de Deporte Español (CDE) es una raza fundada en 2002 constituida a partir de cruces de multitud de razas españolas y extranjeras. Uno de los usos a los que se destina esta raza es la participación en la disciplina hípica de Concurso Completo de Equitación, que combina 3 tipos de ejercicios: doma clásica, salto de obstáculos y recorrido de Cross. A su vez, en las *pruebas de selección de caballos jóvenes* (pruebas en las que se realizan con controles de rendimientos oficiales en équidos) incluyen además una evaluación morfológica y una evaluación subjetiva de la aptitud del animal al cross. Los criadores buscan, con los cruzamientos entre razas, conseguir animales que obtengan buenos resultados en los diferentes tipos de ejercicios. El objetivo del estudio ha sido estimar la influencia de las principales razas parentales sobre el valor genético individual de los animales, calculando además una contribución genética óptima de las razas parentales para cada uno de los caracteres evaluados. En este trabajo se ha utilizado 2660 registros derivados de pruebas de selección de caballos jóvenes pertenecientes a 210 animales CDE. Se ha calculado la contribución genética de las 6 poblaciones parentales principales del CDE: Pura Raza Español (PRE), Pura Raza Árabe (A), Pura Sangre Inglés (PSI), Selle Français (SF), razas Alemanas (G) y razas Holandesas (H). Los valores genéticos fueron predichos utilizando modelos BLUP univariantes. Con el objeto de separar la posible aptitud combinatoria de los valores genéticos aditivos, la contribución de las razas parentales fue incluida en el modelo de valoración como covariable (lineal y cuadrática). Se incluyeron también las interacciones dobles entre contribuciones genéticas. La contribución genética óptima de cada raza para obtener el mejor rendimiento se calculó utilizando una metodología simplex. La mejor combinación para el ejercicio de conformación fue 51% PRE y 49% H, en la aptitud para el cross fue 23% PRE y 77% H, para la doma clásica 48% SF y 52% H y para salto de obstáculos 64% A y 36% H. Para el ejercicio de cross el mejor rendimiento se obtuvo utilizando un 100% de contribución genética de razas holandesas. Los mejores animales reales están 7.2, 2.9, 2.9, 3.6 y 5.1 desviaciones estándar por debajo de las soluciones encontradas maximizando la función. La combinación de genes de dos poblaciones parece ser la mejor opción para la mayoría de los caracteres.

**PALABRAS CLAVE:** equinos, heterosis, aptitud combinatoria, valor genético

## INTRODUCCIÓN

Muchas razas equinas han sido creadas utilizando dos o más razas parentales diferentes buscando la obtención de unos buenos rendimientos en competiciones hípicas (Hamman and Distl, 2008; Cervantes et al., 2009; Thoren et al. 2009; Bartolomé et al., 2011). El fenómeno de la heterosis se reduce a la mitad en cada generación (Falconer and Mackay, 1996), por lo que esta superioridad en las razas mixtas no es explicada totalmente por este fenómeno. El caballo de deporte Español (CDE) es una raza fundada en 2002 mediante el cruce de multitud de razas españolas y extranjeras (Bartolomé et al., 2011). Uno de los usos a los que se destina esta raza es la participación en la disciplina hípica de Concurso Completo de Equitación, que combina 3 tipos de ejercicios: doma clásica, salto de obstáculos y recorrido de Cross. A su vez, en las *pruebas de selección de caballos jóvenes* (pruebas en las que se realizan con controles de rendimientos oficiales en équidos) incluyen además una evaluación morfológica (modelos) y una evaluación subjetiva de la aptitud del animal al cross. Los criadores buscan, con los cruzamientos de animales pertenecientes a distintas razas, conseguir caballos que obtengan buenos resultados en los diferentes tipos de ejercicios. El objetivo del estudio fue estimar la influencia de las principales razas parentales sobre el valor genético individual de los animales, calculando además una contribución genética óptima de las razas parentales para cada uno de los caracteres evaluados.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron 2660 registros derivados de pruebas de selección de caballos jóvenes pertenecientes a 210 animales CDE. Se utilizó el pedigrí conocido hasta la cuarta generación alcanzando 1395 animales. Para cada CDE se calcularon las contribuciones genéticas de las razas equinas Pura Raza Español (PRE), Pura Raza Árabe (A), Pura Sangre Inglés (PSI), Selle Français (SF), de razas alemanas (G) y holandesas (H). El grupo de razas alemanas incluyó a las razas: Holsteiner, Hanoveriano, Westphaliano, Oldenburger y Trakehner; mientras que el grupo de razas holandesas incluyó a las razas Dutch Warmblood, Belgian Warmblood, Danish Warmblood y Zangersheide.

La valoración genética se realizó utilizando un BLUP modelo animal, incluyendo en el modelo las contribuciones de cada raza como regresiones simples, cuadráticas y las interacciones. El resto de efectos incluidos en el modelo fueron la edad, el sexo, el concurso/concurso-juez (para las pruebas de doma y conformación), el entrenamiento y el estrés como efectos fijos y la interacción jinete-animal (excepto en la conformación), el animal y el residuo como aleatorios. Bajo este modelo los valores genéticos que se obtienen son estrictamente aditivos, excluyendo la parte de variabilidad genética que es atribuible a la aptitud combinatoria. Finalmente, se utilizó una metodología simplex (Nelder and Mead, 1965) utilizando los coeficientes de regresión obtenidos para calcular la contribución genética óptima con objeto de obtener el máximo rendimiento en cada uno de los caracteres analizados usando la función:

$$F = \mathbf{c}'\mathbf{b}_1 + \mathbf{c}'\mathbf{B}_2\mathbf{c}$$

donde  $\mathbf{c}'$  es el vector de contribuciones desconocidas para las 6 razas/grupos de razas,  $\mathbf{b}_1$  es el vector de covariables lineales y  $\mathbf{B}_2$  es la matriz que contiene las covariables cuadráticas e interacciones (de orden 6) dividiendo por 2 los elementos de fuera de la diagonal.

Los valores genéticos se obtuvieron con VCE 6.0 (Groeneveld et al., 2008). Los programas que aplicaron la metodología simplex fueron de creación propia.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cruce entre animales pertenecientes a distintas razas es bastante frecuente en la producción de razas equinas de competición. Muchas de las razas que destacan en salto de obstáculos o concurso completo de equitación son razas mixtas (Arnasson y Van Vleck, 2000). El CDE es una raza originada principalmente por contribución genética de razas alemanas como el Holsteiner, Hanoverian, Westphalian, Oldenburger o Trakehener (Bartolomé et al., 2011). De forma general existe una desventaja en la selección genética de los animales cuando hay más de un carácter objeto de mejora. Además, seleccionar a los individuos para diferentes objetivos de cría puede llevar a una subdivisión de la población (Cervantes et al., 2008) como fue puesto de manifiesto previamente en esta raza en Cervantes et al. (2011). Aunque este tipo de estudios es escaso, Stewart et al., 2010 obtuvieron que los caballos Warmblood obtienen mejores resultados en Doma Clásica, pero el modelo incluyó la raza como efecto fijo, siendo imposible medir la contribución genética ideal, así como las interacciones.

El fenotipo explicado por las covariables se calculó para cada uno de los participantes. La tabla 1 muestra el máximo de la función, el máximo real de los animales y los valores para un animal hipotético con una contribución equilibrada de las razas/grupos de razas estudiadas. Los valores máximos de rendimiento son lejanos a los que encontramos en los animales de la base de datos. Los cinco mejores animales reales están 7,2, 2,9, 2,9, 3,6 y 5,1 desviaciones estándar por debajo de las soluciones encontradas maximizando la función.

En la figura 1 se muestran las gráficas de superficie-respuesta indicando la mejor combinación de razas, después de maximizar la función, para los diferentes ejercicios dentro de la disciplina de Concurso Completo de Equitación. En *modelo*, *aptitud cross*, *salto de obstáculos* y *doma clásica*, la mejor puntuación se obtiene cuando el CDE presenta contribuciones de dos conjuntos de razas. Sin embargo, en el ejercicio de *cross* para obtener la mejor puntuación, sería suficiente con combinar razas holandesas. La mejor combinación para el ejercicio de *conformación (modelo)* fue 51% PRE y 49% H, en la *aptitud para el cross* fue 23% PRE y 77% H, para la *doma clásica* 48% SF y 52% H y para *salto de obstáculos* 64% A y 36% H.

Como hemos visto anteriormente, la combinación de genes de dos poblaciones parece ser la mejor opción para la mayoría de los caracteres. Esto podría ser debido parcialmente a un efecto de heterosis/dominancia, pero en la mayoría de los casos no es debido a un cruce de dos razas puras si no a la contribución acumulada de las razas parentales a lo largo de las generaciones. Por tanto, cabría pensar en una aptitud combinatoria o interacción genotipo-genotipo como causante del incremento del rendimiento. La metodología aplicada ha demostrado ser útil en la búsqueda de las contribuciones óptimas de las distintas razas para mejorar los rendimientos en caracteres de interés.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado al amparo del Programa de Mejora del Caballo de Deporte Español desarrollado por la Asociación Nacional de Criadores de Caballo de Deporte (ANCADES) y subvencionado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA).

## BIBLIOGRAFÍA

Arnason, T, and L.D. Van Vleck. 2000. Genetic Improvement of the Horse. Pages 473–497 in *The Genetics of the Horse*. Ed. A. T. Bowling & A. Ruvinsky, New York: CABI Publishing.

- Bartolomé, E., I. Cervantes, M. Valera, and J.P. Gutiérrez. 2011. Influence of foreign breeds on the genetic structure of the Spanish Sport Horse population. *Livest. Sci.* 142: 70-79.
- Cervantes I., F. Goyache, and J.P. Gutiérrez. 2008. Ratio between inbreeding and coancestry rates as a measure of population subdivision. Preliminary results. *ITEA-Inf. Tec. Econ. Ag.* 104 (2): 303-307.
- Cervantes, I., J.P. Gutiérrez, A. Molina, F. Goyache, and M. Valera. 2009. Genealogical analyses in open populations: the case of three Arab-derived Spanish horse breeds. *J. Anim. Breed. Genet.* 126: 335-347.
- Cervantes, I., F. Goyache, A. Molina, M. Valera, and J.P. Gutiérrez. 2011. Estimation of effective population size from the rate of coancestry in pedigreed Populations. *J. Anim. Breed. Genet.* 128: 56-63.
- Groeneveld. E., M. Kovac, and N. Mielenz. 2008. User's guide and reference manual version 6.0.
- Hamann, H., and O. Distl. 2008. Genetic variability in Hanoverian warmblood horses using pedigree analysis. *J. Anim. Sci.* 86:1503-1513.
- Nelder, J.A. and R. Mead. 1965. A simplex method for function minimization. *Computer Journal*, vol 7, pp 308-313.
- Stewart, I.D., J.A. Woolliams, and S. Brotherstone. 2010. Genetic evaluation of horses for performance in dressage competitions in Great Britain. *Livest. Sci.* 128: 36-45.
- Thorén Hellsten, E., A. Näsholm, H. Jorjani, E. Strandber, and J. Philipsson. 2009. Influence of foreign stallions on the Swedish Warmblood breed and its genetic evaluation. *Livest. Sci.* 121: 207-214.

Tabla 1. Valores fenotípicos explicados por la contribución genética de cada raza. Se muestra el máximo de la función, el máximo real en la base de datos y el rendimiento obtenido por un animal hipotético con contribución genética equilibrada de todas las razas.

	F Máximo		Máximo en la base de datos		Contribución equilibrada	
	Valor	Composición Genética <sup>1</sup>	Valor	Composición Genética <sup>1</sup>	Valor	Composición Genética <sup>1</sup>
Conformación (Modelo)	5,80	51% PRE 49% H	0,65	3,13% PSI 25,00% PRE 3,13% G 15,63% H	0,86	16,60% cada raza
Aptitud Cross	6,32	23% PRE 77% H	2,16	25,00% A 25,00% PSI 25,00% SF	1,69	16,60% cada raza
Doma Clásica	35,92	48% SF 52% H	9,12	12,50% PSI 25,00% SF 18,75% G 31,25% H	0,80	16,60% cada raza
Salto de Obstáculos	76,30	64% A 36% H	21,38	37,50% PSI 6,25% SF 50,00% PRE	14,33	16,60% cada raza
Cross	326,53	100% H	67,77	25,00% PSI 50,00% H	28,92	16,60% cada raza

<sup>1</sup>A = Pura Raza Árabe; PSI = Pura Sangre Inglés; PRE = Pura Raza Español; SF = Selle Français; G = Razas alemanas; H = Razas holandesas,

Figura 1. Gráficos de superficie-respuesta indicando la mejor combinación de razas para obtener la mejor puntuación en los ejercicios del Concurso Completo de Equitación.

