

Estudio de la influencia de la interacción jinete-animal en la disciplina de Salto de Obstáculos mediante comparación de modelos de Repetibilidad y Multicarácter.

E. Bartolomé^a, A. Menéndez-Buxadera^b, I. Cervantes^c, A. Molina^b, M. Valera^a

^a Departamento de Ciencias Agroforestales, ETSIA, Universidad de Sevilla, Ctra. Utrera, km1, 41013, Sevilla, España. ebartolome@us.es. Tlf. 954 487748.

^b Departamento de Genética. Universidad de Córdoba. Edificio Mendel (C5), planta baja. Ctra. Madrid-Córdoba, km 396^a - 14072. Córdoba, España.

^c Departamento de Producción Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad Complutense de Madrid, Avda. Puerta de Hierro s/n, 28040 Madrid, España.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue comparar los valores de los componentes de la varianza calculados mediante modelos de Repetibilidad y modelos Multi-Carácter, para la disciplina de Salto de Obstáculos, considerando la importancia de la inclusión de la interacción jinete-caballo en los modelos de evaluación genética equina. Para este estudio se analizaron un total de 11.352 participaciones, pertenecientes a 1085 caballos agrupados en función de su edad (4, 5 o 6 años de edad). Se compararon 2 modelos animales de Repetibilidad (A y B) y 4 modelos Multicarácter (C, D, E y F). Para los modelos animales de Repetibilidad hemos considerado los resultados obtenidos por el animal en cada edad como el mismo rasgo, mientras que para los modelos Multicarácter los hemos considerado como caracteres diferentes, aunque correlacionados entre sí. Para ambos tipos de modelos, se han incluido la edad, el sexo, el nivel de estrés, el orden de salida y el nivel de entrenamiento como efectos fijos, mientras que el animal, el ambiente individual permanente, el concurso y el jinete se han incluido como efectos aleatorios. Los seis modelos se compararon incluyendo o no la interacción jinete-animal como factor aleatorio y, sólo para los modelos Multi-carácter, se compararon teniendo en cuenta o no una varianza residual heterogénea. Los valores de heredabilidad de los modelos de Repetibilidad oscilaron entre 0,056 del modelo B (con interacción jinete-animal) a 0,101 del modelo A (sin interacción jinete-animal), mientras que los valores de los modelos Multicarácter mostraron diferencias entre los grupos de edad, siendo los grupos de 5 y 6 años los que mostraron valores de heredabilidad más altos. Los resultados oscilaron entre una h^2 de 0,069 del modelo F para 4 años (con interacción jinete-animal y una varianza residual heterogénea), y 0,170 del modelo E para 5 años (sin interacción jinete-animal y una varianza residual heterogénea). La inclusión de la interacción jinete-animal implica una disminución media en los valores de heredabilidad y repetibilidad del 44,6% y 26,9% para los modelos de Repetibilidad y del 26,9% y 27,5% para los modelos Multi-carácter. Los resultados mostraron, por un lado, que existen diferencias entre edades, de manera que los mejores individuos según sus resultados a una edad determinada no serán los mejores en los demás grupos de edad; y por otro, que la no inclusión de la interacción jinete-animal en los modelos de evaluación genética de los équidos participantes en pruebas de Salto de Obstáculos produce una diferencia considerable en el cálculo de los valores genéticos de los animales, lo que podría disminuir la respuesta genética de esta población equina.

PALABRAS CLAVE :Caballo; Componentes de la varianza; Valoración Genética.

INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de selección de la mayor parte de las razas equinas de deporte es obtener buenos resultados en las categorías más altas de la competición. Sin embargo diversos estudios han demostrado que el rendimiento deportivo en équidos, está muy influenciado, no solo por los efectos ambientales clásicos (edad, sexo, etc.), si no por otros factores específicos de estas competiciones, como es la influencia que tiene el jinete sobre los resultados del caballo (Bartolomé, et al., 2008; Valera, et al., 2010). Así, una relación jinete-animal equilibrada se traduce en un menor estrés del animal y, por tanto, mejores resultados en la prueba (Schöllhorn et al., 2006). Sin embargo, aun conociendo la relevancia de esta relación, el número de artículos científicos que la consideran es muy escaso. Esto se debe a la necesidad de una adecuada estructura y distribución de los datos que no siempre es posible. Con respecto a los modelos usados en la evaluación genética en équidos, hasta ahora, los modelos de Repetibilidad (MR) han sido los más utilizados por su simplicidad, ya que asumen un único componente de covarianza para todas las edades del animal. Sin embargo, diversos estudios han mostrado diferencias en el rendimiento del animal debido a su edad (Huizinga and Van der Meij, 1989; Gómez et al., 2010), sugiriendo la existencia de un componente de covarianza distinto para cada nivel de edad (aunque correlacionados entre sí). Así, los modelos Multicarácter (MM) tienen en cuenta estas diferencias genéticas entre edades. El objetivo de este estudio es comparar los componentes de la varianza calculados mediante modelos MR y MM para la disciplina de Salto de Obstáculos, considerando la importancia de la inclusión de la interacción jinete-animal.

MATERIAL Y MÉTODOS

Animales

Para este estudio se han analizado un total de 11.352 registros pertenecientes a 1085 animales (43,8% machos, 22,8% hembras y 33,4% castrados), participantes en 87 competiciones de Salto de Obstáculos, celebradas entre 2004 y 2009. Los animales se han agrupado en función de la edad que tenían el año de participación en las pruebas, registrándose 731 caballos de 4 años (4946 participaciones), 622 de 5 años (4158 participaciones) y 367 caballos de 6 (2248 participaciones). La matriz de parentesco se ha construido con el pedigrí conocido hasta un total de 5498 animales. Para este estudio se ha usado la transformación en Puntos Positivos de los puntos de penalización obtenidos por el animal, en una escala de 50 a 100, en la que 100 representa la mejor puntuación que puede conseguir el animal durante la competición (0 penalizaciones) y 50 la peor puntuación (penalización máxima).

Modelos Genéticos

Se han calculado los componentes de la varianza para la variable analizada (puntos positivos) con un Modelo Animal de Repetibilidad (MR) y con un Modelo Animal Multi-carácter (MM). Así se compararon 2 modelos MR, diferenciados según la presencia (modelo A) o ausencia (modelo B) de la interacción jinete-animal (IJA); y 4 modelos MM, diferenciados, por un lado, por la presencia de varianza residual homogénea (modelos C y D) ó heterogénea (modelos E y F) y, por otro, por la presencia (modelos D y F) o ausencia (modelos C y E) de la IJA:

$$\begin{aligned}
\text{A. } y_o &= F.fijos + anim_i + perm_m + conc_n + jin_o + e_{ijklmno} \\
\text{B. } y_o &= F.fijos + anim_i + perm_m + conc_n + jin_o + ija_p + e_{ijklmnop} \\
\text{C. } y_o &= F.fijos + \begin{bmatrix} anim_{i1} \\ anim_{i2} \\ anim_{i3} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} perm_{m1} \\ perm_{m2} \\ perm_{m3} \end{bmatrix} + conc_n + jin_o + e_{ijklmno} \\
\text{D. } y_o &= F.fijos + \begin{bmatrix} anim_{i1} \\ anim_{i2} \\ anim_{i3} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} perm_{m1} \\ perm_{m2} \\ perm_{m3} \end{bmatrix} + conc_n + jin_o + ija_p + e_{ijklmnop} \\
\text{E. } y_o &= F.fijos + \begin{bmatrix} anim_{i1} \\ anim_{i2} \\ anim_{i3} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} perm_{m1} \\ perm_{m2} \\ perm_{m3} \end{bmatrix} + conc_n + jin_o + \begin{bmatrix} e_{ijklmno1} \\ e_{ijklmno2} \\ e_{ijklmno3} \end{bmatrix} \\
\text{F. } y_o &= F.fijos + \begin{bmatrix} anim_{i1} \\ anim_{i2} \\ anim_{i3} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} perm_{m1} \\ perm_{m2} \\ perm_{m3} \end{bmatrix} + conc_n + jin_o + ija_p + \begin{bmatrix} e_{ijklmnop1} \\ e_{ijklmnop2} \\ e_{ijklmnop3} \end{bmatrix}
\end{aligned}$$

donde y_o representa la variable dependiente, los $F.fijos$ son la *edadi* del animal, con $i=4, 5, 6$ años en MR (modelos A y B); el *sexoj*, con j =macho (1), hembra (2) o castrado (3); el *estrésk*, con $k=53$ niveles; y dos covariables cuadráticas: *Orden de Salida* y *Nivel de Entrenamiento*. Los factores aleatorios fueron: el animal ($animk$), considerado como un efecto correlacionado dentro del grupo de edad ($animki$) en MM (modelos C a F); el concurso ($concm$); el jinete ($jinn$); la interacción jinete-animal ($ijao$); el ambiente individual permanente ($perml$), modelado como el número de registros por grupo de edad no correlacionados entre ellos para MM (modelos C a F); y la varianza residual ($eijklmno$), que se asumió como heterogénea para cada grupo de edad ($e1, e2, e3$) y no correlacionada entre los distintos grupos de edad para dos de los modelos MM (modelos E y F). Los componentes de la varianza de los dos tipos de modelos (MR y MM) fueron estimados con ASREML v.3.0 (Gilmour et al., 2009).

Estimación de la influencia jinete-animal en los valores genéticos

Los parámetros Akaike Information Criterion (AIC) (Akaike, 1974) y Log Likelihood (LogL) se utilizaron para comparar los modelos genéticos y seleccionar el de mejor ajuste para la valoración genética, según Foulley y Robert-Granie (2002). Con el fin de evidenciar la importancia de la IJA en la valoración genética de los reproductores, se compararon los valores genéticos obtenidos con un modelo MM sin IJA (modelo E) y otro con IJA (modelo F), tanto mediante comparación de los valores genéticos obtenidos, como mediante un análisis de regresión múltiple por grupo de edad

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros genéticos y comparación entre modelos

Los componentes de la varianza, la heredabilidad (h^2) y repetibilidad (Rep.), obtenidos tanto con modelos MR (modelos A y B), como con modelos MM (modelos C a F), se presentan en la Tabla 1. Los resultados indicaron que, cuando se contaba con la IJA (modelos B de los MR y D y F de los MM), las varianzas estimadas para el animal (VARANI), el ambiente individual permanente (VARAMPER) y el jinete (VARJIN), disminuyeron un 44,7%, un 17,1% y un 17,5% en el modelo B de MR (respectivamente), siendo la IJA (VARIJA) responsable del 8,66% de la variación explicada por la varianza total (VARTOTAL). En el caso de los modelos D y F de MM, la VARTOTAL disminuía de media (para los 3 niveles de edad) un 31% para el animal, un 11,6% para el ambiente individual permanente y un 11,9% para el jinete. Siendo, en el modelo D de MM, la IJA responsable del 7,28%, 8,17% y 6,70% de la varianza explicada por la VARTOTAL para el grupo de 4, 5 y 6 años de edad, respectivamente; y responsable en el modelo F de MM, del 7,32%, 8,20% y 6,72% de la varianza explicada por la VARTOTAL en cada nivel de edad (4, 5 y 6 años, respectivamente). En todos los casos anteriores, la IJA absorbió la varianza del jinete, del animal y del ambiente individual permanente. Por otro lado, no se encontraron diferencias relevantes entre los valores obtenidos por la varianza residual (VARRESID) en función de la inclusión o exclusión de la IJA del modelo, tanto para modelos MR como MM. Los valores de h^2 de los modelos MR oscilaron entre 0,058 del modelo B (con IJA) a 0,101 del modelo A (sin IJA). Mientras que los valores de los modelos MM mostraron diferencias entre los grupos de edad, siendo los grupos de 5 y 6 años los que mostraron valores de h^2 más altos. Los resultados oscilaron entre 0,069 del modelo F para 4 años (con IJA y una VARRESID heterogénea), y 0,170 del modelo E para 5 años (sin IJA y una VARRESID heterogénea). La inclusión de la IJA implica una disminución media (considerando todos los modelos) en los valores de h^2 y Rep. del 44,6% y 26,9%, respectivamente, para los modelos MR y del 26,9% y 27,5%, respectivamente, para los modelos MM. Estudios previos han descrito la importancia de la inclusión de los efectos del jinete, el animal y el ambiente individual permanente en la evaluación genética del rendimiento deportivo en caballos (Kearsley *et al.*, 2008; Gómez *et al.*, 2011). Así, nuestro estudio corrobora estos resultados, mostrando que la exclusión de la IJA del modelo genético resulta en una sobreestimación de la h^2 y la Rep., tanto en modelos MR como en modelos MM. Según los criterios AIC y LogL, en general los modelos MM (C a F) se ajustaban mejor que los modelos MR (A y B) y, dentro de los primeros, el que mejor ajuste proporcionó a los datos resultó ser el modelo F (con IJA y VARRESID heterogénea), con un AIC de 3202 y un LogL de -1586.

Estimación de la influencia de la interacción jinete-animal en los valores genéticos.

Con el fin de cuantificar el impacto de la inclusión del efecto IJA en los modelos de evaluación genética, se calcularon los valores genéticos (VG) de los animales empleando 2 modelos de MM (por ajustarse mejor que los MR, según los criterios AIC y LogL), uno con IJA (modelo F) y otro sin IJA (modelo E). Así, se confrontaron ambos modelos mediante un análisis de regresión para estimar el grado de predicción del VG en cada edad del modelo con IJA (modelo F) según el VG de los mismos animales estimado con un modelo similar sin IJA (modelo E), obteniéndose los siguientes resultados: $b_{4\text{años}}=0,63\pm 0,003$, $R^2=91,3\%$; $b_{5\text{años}}=0,59\pm 0,002$, $R^2=91,8\%$;

$b_{6años}=0,79\pm 0,003$, $R^2=95,7\%$; donde b es el valor de la pendiente de regresión y R^2 es el nivel de ajuste de la estima. Estos resultados mostraron que cada unidad de VG estimada por un modelo sin IJA representaba entre 0,6 y 0,8 unidades de VG de los modelos con IJA. Estas diferencias también se vieron reflejadas al analizarse su frecuencia de aparición entre edades (Figura 1). Estos resultados indicaron un alto grado de inconsistencias en las estimaciones del VG según ambos modelos (E y F), indicando, por un lado, que existen diferencias entre edades, de manera que los mejores individuos según sus resultados a una edad determinada no serán los mejores en los demás grupos de edad; y, por otro lado, que la no inclusión de la IJA en los modelos de evaluación genética de los équidos participantes en pruebas de Salto de Obstáculos, produce una diferencia considerable en la estima de los VG de los animales, con la pérdida de animales de alto VG que conlleva. Así, la no inclusión de la IJA podría reducir considerablemente la respuesta genética de esta población equina.

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

Akaike H. 1974. IEEE Trans Autom Control AU, 19:716–722. Bartolomé E et al. 2008. ITEA, 104 (2): 262-267. Gilmour AR et al. 2009. VSN International Ltd, Hemel Hempstead, HP1 1ES, UK. Gómez MD et al. 2010. Livestock Science, 127: 197-204. Gómez MD et al. 2011. Livestock Science, 140 (1-3): 155-160. Huizinga HA y Van der Meij GJW. 1989. Livestock Production Science, 21: 333-345. Kearsley CGS et al. 2008. Livestock Science 118: 72–81. Schöllhorn WI et al. 2006. Equine Veterinary Journal. Supplement 36: 400-405. Valera M et al. 2010. XV Reunión Nacional de Mejora Genética Animal. 16-18 Junio, Vigo.

TABLAS Tabla 1. Componentes de la varianza, heredabilidad (h^2) y repetibilidad (Rep.) de los modelos de Repetibilidad (MR) y Multicarácter (MM) comparados.

Factores		MR		MM			
		A	B	C	D	E	F
VAR _{ANI}	4	11,25	6,22	11,91	7,94	11,89	7,94
	5			17,54	10,10	17,56	10,10
	6			19,81	16,40	19,82	16,40
VAR _{CONC}		1,47	1,51	1,51	1,56	1,51	1,56
VAR _{AMPE}	4	19,80	16,41	21,15	17,47	19,99	16,40
	5			7,10	6,15	9,00	8,05
	6			22,21	19,46	21,28	18,53
VAR _{JIN}		7,32	6,04	7,49	6,61	7,49	6,60
VAR _{JIN.ANI}		-	9,63	-	8,33	-	8,35
VAR _{RESID}	4	71,34	71,33	71,34	71,34	73,68	73,68
	5					67,54	67,54
	6					73,20	73,20
VAR _{TOTAL}	4	111,2	111,2	113,4	113,4	114,6	114,6
	5			105,0	101,3	103,1	102,2
	6			122,4	123,7	123,3	124,6
Nº parámetros		5	6	12	13	14	15
AIC		3286	3256	3220	3224	3220	3202
LogL		-1638	-1623	-1598	-1599	-1596	-1586
h ²	4	0,101 ±0,011	0,056 ±0,013	0,105 ±0,017	0,070 ±0,019	0,104 ±0,017	0,069 ±0,019
	5			0,167 ±0,021	0,097 ±0,022	0,170 ±0,020	0,099 ±0,023
	6			0,162 ±0,027	0,133 ±0,028	0,161 ±0,027	0,132 ±0,028
Rep.	4	0,279 ±0,014	0,204 ±0,018	0,292 ±0,017	0,225 ±0,022	0,278 ±0,019	0,213 ±0,023
	5			0,234 ±0,020	0,156 ±0,024	0,257 ±0,022	0,118 ±0,026
	6			0,343 ±0,023	0,290 ±0,026	0,333 ±0,027	0,280 ±0,030