

POSTER

ESTUDIO GENÉTICO DEL COLOR DE LA CAPA DENTRO DE LA
CARACTERIZACIÓN RACIAL EQUINAGENETIC STUDY OF THE COLOUR COAT IN THE CHARACTERISATION OF THE
EQUINE BREEDS

García Martínez, A., M. Valera Córdoba, A. Molina Alcalá y A. Rodero Franganillo

Unidad de Veterinaria del Departamento de Genética de la Universidad de Córdoba. Av. Medina Azahara, s/n 14005-Córdoba. España.

PALABRAS CLAVES ADICIONALES

Conservación. Razas equinas autóctonas españolas.

ADDITIONAL KEYWORDS

Conservation. Spanish autochthonous equine breeds.

RESUMEN

La determinación genética del color de la capa en los caballos viene dada por la interacción de los alelos de 5 *loci* (*C*, *B*, *A*, *E* y *D*), responsables de las capas básicas, y otros *loci* que pueden modificarlas. Sus efectos e interacciones pueden ayudarnos a fijar las capas permitidas en el estándar racial, ayudándonos a eliminar los genes procedentes de patrones raciales ajenos con el objetivo de la recuperación racial, permitiendo, al mismo tiempo, aceptar o eliminar otras capas dependientes de genes homocigotos recesivos no visibles en el fenotipo pero presentes en el genotipo. El estudio de la herencia del color de la capa de las razas autóctonas españolas nos ha permitido concluir que las razas españolas cuya cría tradicional ha sido muy circunscrita geográficamente poseen un gran número de genes fijados para el color de la capa. El alelo *W* se ha perdido en todas las razas autóctonas españolas y el alelo *D* no aparece. No existen los fenotipos umbríos en ninguna raza explotada en España. En el P.R.E. existe una paradoja, al no admitirse animales con capa alazana y sí con la capa isabela, siendo esta

última una dilución de la capa alazana (dada por el alelo *C^{cr}*).

SUMMARY

The genetic determination of the coat horses is controlled by the interaction of the alleles of 5 *loci* (*C*, *B*, *A*, *E* and *D*). They will determine the basic colour and other *loci* modify them. The knowledge of their effects and interactions could help us to fix the coat permitted in the standard racial, helping us to eliminate the genes coming from other breeds, permitting, at the same time, to accept or eliminate other coats determinate by recessive alleles. The study of the inheritance of the coat colour in the autochthonous Spanish breeds has allowed concluding that those have a great number of fixed alleles for the coat colour. The *W* allele is loosing in all the autochthonous Spanish breeds and the *D* allele do not appear. The shady phenotypes do not exit in Spain. In the P.R.E. has got a paradox: animals with chestnut coat are not admitted, but isabella coat are

Arch. Zootec. 47: 247-253. 1998.

considered like P.R.E., being this last a dilution of the chestnut coat (determined for the C^{cr} allele).

INTRODUCCIÓN

El interés por conocer la forma de transmisión hereditaria del color de la capa, se remonta a principios de siglo, cuando numerosos autores como Pearson (1901), Blanchard (1902), Harper (1905), Hurs (1906), Pocock (1909), Bunsow (1911) y Wriedt (1926) entre otros, comenzaron su estudio, siendo Hurst (1906) el primero que mostró que el color de la capa del caballo, podía explicarse mediante genes acordes con los principios de Mendel, al analizar el Stud-Book del P.S.I. Posteriormente los autores que han trabajado en este campo se han basado en los estudios de Castle (1948) así como en los de Odriozola (1951).

No obstante se continúan realizando en la actualidad estudios referentes a la herencia del color de la capa en équidos (Sponenberg, 1982; Sponen-

berg y Beaver, 1983; Craig y Van Vleck, 1985; Alia, 1996; Rodero, 1997 y García, 1998).

La herencia del color de la capa es compleja y no se conoce en su totalidad, Existen una serie de *loci* para los colores básicos de la capa (castaño, alazán, negro y bocifuego) cuya acción es modificada por otros genes (**tabla I**). La interacción entre los genes de cinco *loci* (los genes *C*, *B*, *A*, *E* y *D*) determina la mayoría de los colores principales del caballo. Otros *loci* enmascaran, manchan o transforman en tordos o ruanos esos colores. Además, genes modificadores con efectos relativamente pequeños determinan muchas de las variaciones que experimentan los colores básicos. La acumulación de estos genes modificadores menos importantes pueden producir que algunos genotipos diferentes posean la misma apariencia.

A la hora de intentar recuperar una raza con escaso de número de efectivos, a menudo muy mezclados con genes procedentes de otras razas, el

Tabla I. Genotipos y fenotipos de las distintas capas equinas. (Genotypes and phenotypes of the equine coats).

Fórmulas Genéticas	Color de la Capa	Fórmulas Genéticas	Color de la Capa
W	Blanco	ee, CC ^{cr} , dd, gg, ww, pp	Isabela
G	Tordo	C ^{cr} C ^{cr}	Cremello
Rn	Ruano	E, aa; CC, D, gg, ww, pp	Lobero
E, A, CC, dd, gg, ww, pp	Castaño	E, aa; CC, D, gg, ww, pp	Ratuno
E, aa; CC, dd, gg, ww, pp	Negro	ee, CC, D, gg, ww, pp	Cervuno
ee, CC, dd, gg, ww, pp	Alazán	E, aa; CC, dd, gg, ww, P	Pío-negro
E, A, CC ^{cr} , dd, gg, ww, pp	Bayo	ee, CC, dd, gg, ww, P	Pío-Alazán

Adaptada de Bowling (1979)

Tabla II. Utilidad del estudio de la capa en la conservación y caracterización racial. (Importance of the study of the coats in the conservation and characterisation of the breeds).

- Fijación del patrón racial
 - Estudio de la pureza racial
 - Identificación individual
 - Ayuda a la determinación de la paternidad
 - Detección y eliminación de sangre extraña en la recuperación de una raza
 - Correlaciones génicas con caracteres morfoestructurales y de comportamiento
 - Orígenes raciales en la formación de nuevas razas
-

primer criterio que se sigue es la selección de caracteres externos. Dentro de la fijación del patrón racial, tienen gran peso, además de la morfología, el color de las capas permitidas en su patrón racial (**tabla II**).

El conocimiento de los genes que determinan el color de la capa, así como sus efectos e interacciones pueden ayudarnos a fijar las capas permitidas en el estándar racial, así como sus productos, ayudándonos a eliminar los genes procedentes de patrones raciales ajenos al objetivo de nuestra recuperación. Contribuyendo al mismo tiempo a eliminar o aceptar otras capas dependientes de genes homocigotos recesivos no visibles en el fenotipo pero transmisibles genéticamente (**tabla II**).

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo se han utilizado los datos genealógicos

de las principales razas equinas explotadas en España (**tabla III**), siendo 75.751 el número de animales que, después de la depuración de los datos, hemos utilizado para el estudio.

Las bases de datos de los registros genealógicos de las diferentes razas equinas han sido depurados mediante la utilización de Dbase 5.0. Los análisis estadísticos han sido realizados mediante el programa estadístico *Statistica for Windows 5.0*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primer lugar hemos de señalar, que en la actualidad, no se aceptan en distintas razas algunas de las capas en las que aparecen recogidos efectivos poblacionales de su grupo. No obstante este trabajo ha sido elaborado con los datos facilitados principalmente por Cría Caballar (**tabla III**) cuyos censos eran anteriores a 1991 y consecuentemente anteriores a la modificación de algunos de los estándares raciales de estas razas autóctonas equinas (Ej. del P.R.E. donde se disponen de datos comprendidos entre 1900 y 1991 y consecuentemente aparecen caballos de capa alazana al haberse instaurado su exclusión en la Orden del 15 de septiembre de 1970) y en numerosos casos (Ej. del caballo Losino y Pottoka) aún no se habían reconocido de forma oficial estas razas, ni se había instaurado su estándar racial, pudiendo no ser considerados en la actualidad, como animales pertenecientes a esas determinadas razas, parte de los efectivos estudiados en este trabajo.

Las frecuencias de aparición de las distintas capas en las razas explotadas

Tabla III. Razas equinas explotadas en España. (Equine breeds in Spain).

Raza	Efectivo poblacional	Fuente
Pura Raza Española (P.R.E.)	36801	Jefatura Cría Caballar (1991)
Mallorquín	65	Jefatura Cría Caballar (1991)
Menorquín	812	Jefatura Cría Caballar (1991)
Potoka	113	Jefatura Cría Caballar (1991)
Trotador	4795	Jefatura Cría Caballar (1991)
Losino	250	Martínez <i>et al.</i> (1997)
Asturcón	Desconocido	Vega <i>et al.</i> (1997).
Poni Gallego (P. Gallego)	Desconocido	Sánchez <i>et al.</i> (1997)
Anglo-Árabe (A.á.)	4127	Jefatura Cría Caballar (1991)
Pura Raza Árabe (P.R.á.)	9233	Jefatura Cría Caballar (1991)
Ardenés	120	Jefatura Cría Caballar (1991)
Bretón	1068	Jefatura Cría Caballar (1991)
Hispano-Árabe (H.á.)	1244	Jefatura Cría Caballar (1991)
Pura Sangre Inglés (P.S.I.)	17048	Jefatura Cría Caballar (1991)
Percherón	28	Jefatura Cría Caballar (1991)

en España, pueden verse en la **tabla IV**. Tenemos que diferenciar dos grupos entre ellas: el primero, que estaría constituido por las razas autóctonas españolas (Asturcón, Losino, Mallorquín, Menorquín, Poni Gallego, Pottoka y P.R.E.), y un segundo grupo formado por las razas explotadas en España pero procedentes de otros países (A.á., Ardenés, Bretón, Percherón, P.R.á. y P.S.I.). Las razas H.á. y Trotador podrían situarse en cualquiera de los grupos, pero por sus características las agrupamos en el segundo.

También vamos a dividir los genes en dos grupos: El primero integrado por los cinco genes básicos (*A*, *B*, *C*, *D* y *E*) de los cuales, y dado que en las razas sujetas a estudio no aparecen ninguna de las capas que expresan sus efectos, permanecen fijados los genes *B* y *D*. En el segundo grupo se reúnen los genes modificadores, que alteran la

expresión de los anteriores. De este grupo sólo es importante el gen *G* (tordo), aunque entre ellos también se encuentran el *Rn*, *T*, *O* y *W* como más significativos.

Analizando los datos de la **tabla IV** podemos observar que, a excepción del P.R.E., las diferencias entre los dos grupos de caballos se deben a la mayor variabilidad de capas del segundo grupo.

El gen *W*, responsable de la capa blanca, no se ha encontrado en ninguna de las razas autóctonas estudiadas, con excepción del P.R.E. A pesar de existir 19 animales censados, el último caballo inscrito en el Stud-Book con capa blanca data del año 1955 (*Batidor II*).

Es la capa negra la única que se puede detectar en todas las razas autóctonas, siendo la única del Mallorquín, Menorquín y del caballo Losino.

EL COLOR DE LA CAPA EN LA CARACTERIZACIÓN RACIAL EQUINA

Esta capa es la expresión fenotípica del alelo recesivo *a* del gen *A* en homocigosis. Estas razas tienen fijados todos sus *loci*, por lo que bastaría la participación de cualquier alelo distinto a los fijados en sus genotipos para que esta capa no se expresara, es decir se trata de la única capa cuyo genotipo es único (*CCBBaaE^DE^D* para las razas insulares y *CcBBaaEE* para el caballo Losino). Cabe pensar que su aislada localización geográfica ha podido favorecer la fijación de estos genes y al no verse alterados por otras *sangres* foráneas.

En el Asturcón sólo se dan las capas castaña y negra, lo cual nos está indicando que posee todos los *loci* fijados salvo el del *locus A*.

De las razas autóctonas, sólo el Poni Gallego y el P.R.E. poseen el gen modificador *G* responsable del tordo. Este gen es dominante y epistático sobre los demás genes, por lo que las razas que lo posee tienden, con el tiempo, al entordecimiento, si no se hace una selección en su contra. La variabilidad de las capas en estos animales puede ser debida a que su cría no se circunscribe a una zona aislada sino que presenta varios focos en los que la capa dominante no es la misma. Sin embargo, no sucede lo mismo en la raza Pottoka para el genotipo pío, producto de la combinación de los genes *O* y *T*, que a veces se engloban con el símbolo *P*, ya que el gen *O* sólo manifiesta su acción cuando está en homo-

Tabla IV. Censo caballar en función de la raza y el color de la capa. (Animal population according the breeds and the colour coat).

	Alazana	Baya	Blanca	Castaña	Negra	Overa	Ruana	Torda	Isabela	Pía	Total
Asturcón	-	-	-	**	**	-	-	-	-	-	-
Losino	0	0	0	0	250	0	0	0	0	0	250
Mallorquín	0	0	0	0	65	0	0	0	0	0	65
Menorquín	0	0	0	0	812	0	0	0	0	0	812
P. Gallego	**	-	-	***	*	-	-	**	-	-	-
Potoka	22	0	0	36	19	0	0	0	0	36	113
P.R.E.	315	28	19	8747	694	12	15	27014	4	0	36848
A.á.	2082	5	1	1460	22	0	3	551	3	0	4127
Ardenés	34	2	0	33	0	16	33	1	1	0	120
Bretón	714	8	1	106	17	161	33	28	0	0	1068
Percherón	1	0	0	0	8	0	0	19	0	0	28
P.R.á.	3115	6	1	1302	69	32	9	4699	0	0	9233
P.S.I.	5004	32	7	11310	96	12	13	568	6	0	17048
H.á.	159	7	0	293	19	0	0	759	7	0	1244
Trotador	1227	2	1	3375	162	4	4	16	4	1	4795

*baja frecuencia de aparición, **frecuencia media, ***frecuencia alta

cigosis recesiva y el gen *T* es dominante letal, por lo que la presión que ejerce en la población es inferior a la del gen *G*. Esto puede ser la explicación por la que esta capa no se haya generalizado, a pesar de que su explotación se circunscribe más que la del Poni Gallego. No obstante, es probable que ambos genes sean ajenos a esta raza, siendo el alelo *at* del gen *A* (fenotipo bocifuego) el más importante.

Por último destacar que cuando se intenta potenciar, mantener o eliminar una determinada capa, conviene conocer perfectamente sus genotipos y herencia, ya que como hemos visto algunas derivan de otras y, por tanto, para eliminar los alelos responsables de las primeras hay que realizar una presión selectiva contra las otras. Este es el caso de la capa baya, dilución de la capa castaña dada por el alelo *C^{cr}*, de la pía en negro producida por el gen *O*, *T* o ambos sobre el genotipo negro, y de las capas overa, isabela y pía en alazán derivadas de genotipo alazán. A modo de ejemplo podemos citar el

caso del P.R.E. en el que el genotipo alazán no es admitido por el estándar racial en la actualidad, permitiéndose en cambio las capas isabela y overa, dilución del alazán dado por el gen *C^{cr}* y *G* respectivamente (García, 1998).

CONCLUSIONES

Las razas españolas cuya cría tradicional ha sido muy circunscrita geográficamente (Losino, Mallorquín, Menorquín, Asturcón y Poni Gallego) poseen un gran número de genes fijados para el color de la capa.

El alelo *D* no aparece en ninguna raza española.

El alelo *W* se ha perdido en todas las razas autóctonas españolas.

No existen los fenotipos umbríos en ninguna raza explotada en España.

Existe una paradoja en algunas razas como el P.R.E. al no admitirse animales con capa alazana y sí con capa isabela, siendo ésta una dilución del alazán (dada por el alelo *C^{cr}*).

BIBLIOGRAFÍA

- Alía, M. J. 1996. Herencia de las capas del caballo. In: Ciencias Veterinarias. Equino: aspecto de cría y clínica. Volumen XVIII Consejo General de Colegios Veterinarios de España. Ed. Publex Studio S.L. Madrid.
- Blanchard, N. 1902. Inheritance of coat colour in Thoroughbred horses. *Biometrika*, 1: 361.
- Bowling, A.T. 1979. Positive Horse Identification. *Equine Practique*, Nov.-Dec. 12: 15.
- Bunsow, R. 1911. Inheritance in race horses: coat colour. *Mendel Journal*, 2: 74.
- Castle, W. E. 1948. The ABC of color inheritance in horses. *Genetics*, 33: 22-35.
- Craig, L. and L. D. Van Vleck 1985 Evidence for inheritance of the red dun dilution in the horse. *J. Hered.*, 76: 138-139.

EL COLOR DE LA CAPA EN LA CARACTERIZACIÓN RACIAL EQUINA

- García, A. 1998. Estudio de la herencia y distribución del color de la capa en la población equina del Pura Raza Español. Tesis de Licenciatura. Facultad de Veterinaria. Universidad de Córdoba.
- Harper, C. H. 1905. Studies in the inheritance of colour in Percheron horses. *Biological Bulletin*, 9: 265.
- Hurst, C. C. 1906. Inheritance of coat colour in horses. *Proceedings of the Royal Society. Series B*, 77: 388-394.
- Martínez, J., M. Valera y A. Molina. 1997. El Caballo Losino. *Animal Genetic Resources Information*, 19:17-29.
- Odriozola, M. 1951. A los colores del caballo. Publicaciones del Sindicato Nacional de Ganadería. Madrid.
- Pearson, K. 1901. Mathematical contributions to the theory of evolution. Volumen 8. On the inheritance of coat colour in horses. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 195: 79.
- Pocock, R. I. 1909. On the colours of horses, zebras, and tapirs. *Annual Magazine of Natural History*, 4: 404.
- Rodero, A. 1997. El color de la capa en el P.R.E. En: El Caballo Español. Ed. Junta de Andalucía. Sevilla.
- Sánchez, I., A. Iglesias, A. Fernández y J.L. Viana. 1997. Caballo gallego de monte (Poney gallego). *Animal Genetic Resources Information*, 19:51-65.
- Sponenberg, D. P. 1982. The inheritance of leopard spotting in Noriker Horse. *J. Hered.*, 73: 357-359.
- Sponenberg, D. P. and B. V. Beaver. 1983. Horse color. Texas A&M University Press, College Station.
- Vega, J.L., A. Molina, M. Valera and P.P. Rodríguez-Gallardo. 1997. Conservation of an equine feral breed: The Asturcon Pony. *Animal Genetic Resources Information*. In press.
- Wriedt, C. 1926. The genetics of the horse. *Bibliographia genetica*, 6: 123-170.