

ESTUDIO POBLACIONAL DE LA RAZA EQUINA AUTÓCTONA LOSINA

POPULATION STUDY OF THE NATIVE LOSINE HORSE

Valera, M., J. Martínez, A. Molina y A. Rodero

Departamento de Genética. Facultad de Veterinaria. Universidad de Córdoba. Avda. Medina Azahara s/n.
14005 Córdoba. España. E-mail: ge2vacom@uco.es

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Caballo Losino. Consanguinidad. Conservación.
Número efectivo. Pony.

ADDITIONAL KEYWORDS

Losine horse. Inbreeding. Conservation. Effective
number. Pony.

RESUMEN

El caballo Losino, Pony sp. Losino según Masón (1969), recibe su denominación del área original de cría, el Valle de Losa, en el Norte de la provincia de Burgos (España). Esta raza mantuvo sus efectivos hasta los años 50 pero posteriormente su población descendió hasta llegar en 1986 a los límites más críticos de su historia (alrededor de 180 ejemplares). En ese año, en vista de la alarmante situación, se inició un proyecto de recuperación de la raza, creándose en Pancorbo (Burgos) el primer Centro de Cría y Selección del caballo Losino.

El hecho de haber transcurrido tan poco espacio de tiempo desde el momento de comenzar, en el Centro de Pancorbo, la recuperación de la Raza del Caballo Losino hace que de los 154 animales que han sido censados hasta el momento del estudio, un 20,31 p.100 sean animales pertenecientes a la población base o fundadora. Asimismo, observamos el elevado número medio de fundadores por pedigrí (16,80) que representa aproximadamente el 65 p.100 de la población base. La entrada secuencial de animales fundadores en cada intervalo generacional, ha motivado que la consanguinidad media de la población

de caballos Losinos sea baja ($F_{media} = 1,8$ p.100)

SUMMARY

The Losine horse, Spanish Losine Pony according to Masón (1969), gets its name for the point of origin, the Losa Valley in the north of the province of Burgos (Spain). This breed maintained its numbers until the 50s when its population declined until reaching a critical point 1986 of only around 180 specimens, in that year, in view of the alarming situation, recovery program for the breed was initiated with the establishment of the first centre for the Breeding and selection of the Losine horse in Pancorbo (Burgos).

The fact that so little time has passed since establishing this centre, explains the fact that the Losine horse has a 20.31 p.100 of its population of 154 specimens belonging to the base or founding animals. Further more, it has high average of pedigree founders (16.80) that represent approximately 65 p.100 of the population base. The sequential entrance of founding animal from generation to generation has caused a low ave-

rage of inbreeding in the Losine horse population ($F_{media} = 1.8$ p.100).

INTRODUCCIÓN

El caballo Losino, Pony sp. Losino según Masón (1969), recibe su nombre del área original de cría, el Valle de Losa, al Norte de la provincia de Burgos (España). Se encuentra emparentado con otras razas autóctonas derivadas del tronco Cantabro-Pirenaico: el Garrano Portugués, el Facó Gallego, el caballo Asturcón, el Thieldón, la Jaca Soriana, el caballo Navarro, el Pottoka Vasco, el caballo de Merens y el extinguido caballo Catalán.

La raza Losina mantuvo sus efectivos hasta los años 50 pero posteriormente, y debido principalmente a la mecanización del campo, el cruce con razas cárnicas y con ganado asnal para la producción mulatera, su población descendió hasta llegar en 1986 a los límites más críticos de su historia (alrededor de 180 ejemplares). En este año, en vista de la alarmante situación, se inició un proyecto de recuperación de la raza, creándose en Pancorbo (Burgos) el primer Centro de Cría y Selección del caballo Losino. En este centro se viene manteniendo el sistema natural de crianza en libertad. Los animales, una vez desbravados y domados, son utilizados para la equitación infantil-juvenil, en enganches y para realizar las rutas ecuestres por zonas rurales y de montaña.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización de este estudio

se ha contado con la información genealógica de los 154 animales de la raza censados desde el inicio de recuperación de la raza en las 3 generaciones existentes hasta el momento actual.

Se ha estimado el nivel de acabado del árbol genealógico *completeness index* de todos los caballos analizados, a través del índice de integridad (McCluer *et al.*, 1983):

Para el cálculo del coeficiente de consanguinidad (F), se han utilizado diversos programas de ordenador que explotan el algoritmo de Wrigth (Wrigth, 1922) modificado posteriormente por Lush (1940).

La estima del tamaño efectivo de la población (N_e) se obtuvo siguiendo las fórmulas de Latter-Hill (Latter, 1959 y Hill, 1972 y 1979) lo que puede representarse mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{N_e} = \frac{1}{16FL} \left[2 + \sigma^2(X_{mm}) + 2 \left(\frac{M}{F} \right) \sigma(X_{mf}, X_{mf}) + \left(\frac{M}{F} \right)^2 \sigma^2(X_{ff}) \right] + \frac{1}{16FL} \left[2 + \left(\frac{F}{M} \right)^2 \sigma^2(X_{mm}) + 2 \left(\frac{F}{M} \right) \sigma(X_{mf}, X_{mf}) + \sigma^2(X_{ff}) \right]$$

donde M y F representan el número de machos y de hembras en edad reproductiva existentes cada año; L es el intervalo medio entre generaciones, expresado en años y X_{ij} es el tiempo de vida de la progenie de sexo j, del padre de sexo y.

Esta ecuación tiene en cuenta la distribución observada del tamaño de progenie. Sin embargo, si asumimos que todos los individuos tienen la misma posibilidad, durante una unidad de tiempo dada, de contribuir a la siguiente generación, la distribución del tamaño de la progenie se aproxima a una

ESTUDIO POBLACIONAL DE LA RAZA EQUINA AUTÓCTONA LOSINA

distribución de Poisson (Kimura and Crow, 1963) quedando la ecuación de N_e como (Wright, 1931): $N_e = (4MLFL) / (ML + FL)$. El incremento de consanguinidad por generación puede aproximarse a $1/(2N_e)$.

Para calcular la influencia media de cada uno de estos sementales emblemáticos en el pedigrí individual de los animales registrados en el Stud-Book, se ha elaborado un programa informático basado en la fórmula:

$$I = \sum \hat{a} P_i, \text{ siendo } P_i = \hat{a} (1/2)^n$$

donde P_i representa la proporción del semental emblemático en el pedigrí de un determinado animal i . Siendo n el número de generaciones entre el ancestro emblemático y el i .

Por último se ha realizado un programa informático que ha permitido la formación de una base de datos en donde se recoge el G.C.I (*Genetic Conservation Index*) es decir el número efectivo de ancestros fundado-

res que integran cada pedigrí.

El valor de G.C.I se obtiene siguiendo la metodología de Alderson (1992), donde:

$$G.C.I = 1/\sum \hat{a} P_i^2$$

siendo P_i la proporción de genes del fundador i , en el pedigrí de un determinado animal.

RESULTADOS

ÍNDICE DE INTEGRIDAD DE LOS PEDIGRÍES

En la **figura 1** se ha representado respectivamente el porcentaje de antecesores conocidos en cada periodo generacional así como el índice de integridad (McCluer *et al.*, 1983). Observamos cómo se incrementa el porcentaje de ancestros conocidos en cada período generacional, aumentando alrededor de un 50 p.100 por generación. Destacar que para la tercera generación el porcentaje de anteceso-

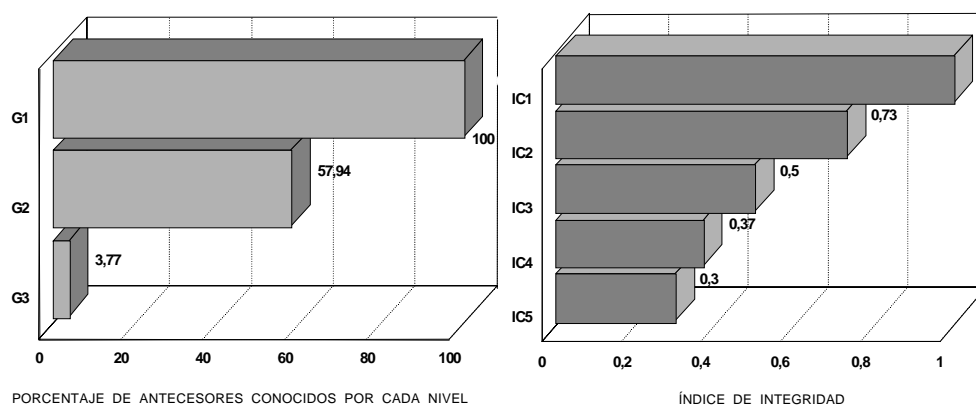


Figura 1. Porcentaje de ancestros conocidos e índice de integridad por generación. (Percentage of known ancestors and completeness index per generation).

Tabla I. Número de fundadores por generación. (Number of founders per generation).

G	Nº Animales	Machos	Hembras	Nº Fundadores	Machos	Hembras
1	5	2	3	5	2	3
2	17	1	16	14	0	14
3	28	1	27	4	0	4
4	104	62	42	3	0	3
Total	154	66	88	26	2	24

res es del 3,77 p.100 frente al 100 p.100 del primer periodo generacional. Del mismo modo, el índice de integridad va incrementándose por generación, pero de forma menos brusca, con incrementos de un 25 p.100 para los índices de integridad de la tercera, cuarta y quinta generación.

Tabla II. Número y nivel de influencia por pedigrí de los ancestros fundadores. (Number and level of influence by pedigree of ancestral founders).

A	AF	I	F
1-5	15	0,52	19,94
6-10	8	1,05	20,45
11-15	1 (Zurita)	1,65	15,99
59	1 (Guareña)	3,92	8,37
70	1 (Moro)	4,48	8,71
79	1 (Blaqu")	3,43	5,48
81	1 (Mora)	4,48	6,96

A= número de apariciones en el conjunto de pedigrís; AF= número de animales fundadores; I= Porcentaje medio de Influencia; IF= Porcentaje medio influencia en animales con esos fundadores en pedigrí.

ÍNDICE DE CONSERVACIÓN GENÉTICO

En la **tabla I** se ha representado el número de ancestros fundadores para cada una de las 4 generaciones existentes desde el momento de iniciarse la recuperación de la raza Losina. Se observa que de un total de 154 animales censados (66 machos y 88 hembras), el 16,88 p.100 corresponde a animales fundadores, en una proporción de 1,30 p.100 sementales y 15,58 p.100 yeguas. También se puede ver como los 2 machos fundadores han intervenido en la primera generación, mientras que el grueso de yeguas (58,33 p.100 de la población de yeguas fundadoras) han intervenido en la segunda generación.

Analizando el número de ancestros fundadores en función del número de veces que aparecen en el conjunto de pedigrís y su nivel de influencia (**tabla II**) observamos que es la yegua *Mora* el fundador que más apariciones tiene en el conjunto de pedigrís, seguido de *Blaqui*, ambos con un porcentaje medio de influencia del 4,48 p.100 y del 3,43 p.100 respectivamente. Se observa que cuando se calcula el nivel medio de influencia de los ancestros respecto a su población con-

ESTUDIO POBLACIONAL DE LA RAZA EQUINA AUTÓCTONA LOSINA

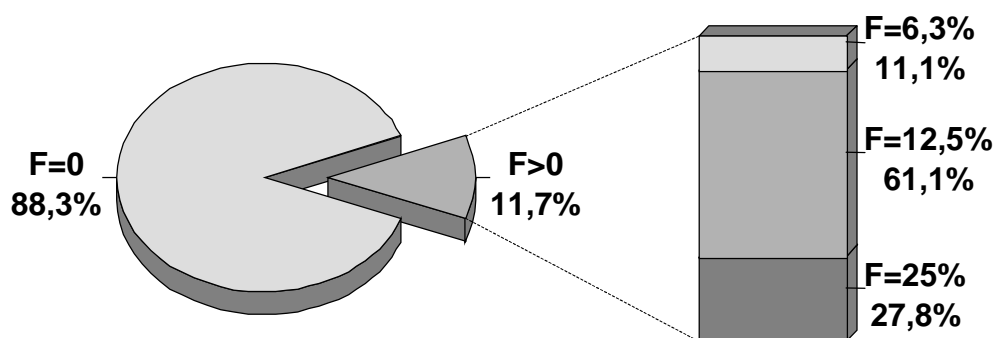


Figura 2. Coeficiente de consanguinidad en la raza Losina. (Inbreeding coefficient in the Losine horse).

sanguínea, el valor sufre un descenso conforme mayor es el número de apariciones del ancestro en pedigrí, así *Mora* y *Blaqui* poseen un porcentaje medio de influencia en el grupo de descendientes del 5,48 p.100 y 6,96 p.100 respectivamente.

El cálculo del índice de conservación genético (G.C.I.) de los 26 funda-

dores, nos permite el análisis del grado de conservación del material genético de la población Losina, obteniendo un valor medio del G.C.I. del 3,09, valor que contrasta con el número promedio de fundadores por pedigrí (16,80), un 65 p.100 de la población base o fundadora.

NIVEL MEDIO DE ENDOGAMIA DE LA POBLACIÓN

Para el análisis del nivel de consanguinidad se ha reconstruido el pedigrí de cada uno de los animales hasta la última generación conocida (animales fundadores), siendo un total de 154 animales con una consanguinidad media del 1,8 p.100. No obstante sólo el 11,7 p.100 de la población es consanguínea con una F_{media} del 15,29 p.100. Estos 18 animales consanguíneos se distribuyen en función de la tasa de endogamia según muestra la **figura 2**.

Cuando se analiza el nivel de endogamia en función del sexo (**tabla III**) observamos como en ambos casos coincide el número de animales no consanguíneos (48) lo que representa

Tabla III. Coeficiente de consanguinidad en función del sexo. (Inbreeding coefficient according to sex).

	F=			
	0	6,25*	12,5*	25*
Población Total (F_{media} = 1,8 p.100)	136	2	11	5
Machos (F_{media} = 2,1 p.100)	48	1	7	1
Hembras (F_{media} = 2,7 p.100)	48	1	4	4

*p.100

Tabla IV. Coeficiente de parentesco de los posibles cruces entre la población de reproductores. (Coefficient of relationship of the possible crossings between the reproductive population).

	Coeficiente de parentesco					
	0*	6,25*	12,5*	25*	50*	>50*
3192 cruces ($F_{media}=17,9$ p.100)						
Número de cruces	760	170	458	1186	615	3
p. 100 de cruces	23,8	5,3	14,3	37,2	19,3	0,1

*porcentajes

respectivamente el 84,21 p.100 y el 85,71 p.100 de las subpoblaciones de machos y yeguas respectivamente. Es la población de yeguas la que tiene un nivel medio de consanguinidad más alta (+0,6 p.100). Otra diferencia entre ambas subpoblaciones es que el 77,78 p.100 de los machos consanguíneos poseen una F_{media} del 12,5 p.100, frente al 88,89 p.100 de la población de yeguas consanguíneas que se reparten

equitativamente en las tasas de endogamia del 12,5 p.100 y del 25 p.100.

El coeficiente de parentesco de los posibles 3192 cruces entre la población de reproductores (**tabla IV**) nos da una F_{media} del 17,9 p.100. De estos posibles cruces un 23,8 p.100 no serían endogámicos. Del grupo de cruces consanguíneos (2432 cruces) el mayor porcentaje (48,77 p.100) poseerían una F_{media} del 25 p.100.

El número efectivo (N_e) de reproductores Losinos por periodo generacional (**tabla V**) es muy pequeño debido principalmente a que sólo se ha utilizado un semental por generación. Por el contrario vemos que los incrementos de la consanguinidad si son muy considerables, al encontrarse vinculada con el número efectivo de forma inversamente proporcional. No obstante la consanguinidad calculada a partir de N_e es más del doble a la obtenida siguiendo la metodología propuesta por Wright (a partir del pedigrí).

Los niveles de endogamia de la población de caballos Losinos viene motivada por el reducido grupo de sementales (4 animales), así pues en la **tabla VI** se ha representado la influen-

Tabla V. Número efectivo y consanguinidad por intervalo generacional. (Effective number and inbreeding for generational interval).

	G3	G2	G1
Mr	1	1	1
Hr	11	25	33
N_e	3,666	3,846	3,888
ΔF_{N_e}	0,136	0,130	0,128
$\hat{\Delta} F_{N_e}$	0,136	0,266	0,394
Consanguinidad de Wright esperada	0,179		

Mr= n° de machos reproductores; Hr= n° de Hembras reproductoras; N_e = N_e efectivo de la población; ΔF_{N_e} = incremento de la consanguinidad calculado a partir del N_e ; $\hat{\Delta} F_{N_e}$ = Consanguinidad acumulada.

Tabla VI. Número de hijos, nietos y bisnietos y porcentaje medio de influencia de cada uno de los sementales que han actuado como reproductores. (Number of offspring and average percentage of influence by each stud).

Semental	Número de			Influencia p.100
	hijos	nietos	bisnietos	
Moro	9	61	2	12,99
Blaqui	3	61	17	12,04
Betún	61	17	0	22,56
Gayango	55	0	0	17,86
Media de los 4 sementales				65,02

cia de cada uno de los sementales utilizados en la recuperación de esta raza. Ha sido *Betún* el que ha alcanzado el mayor porcentaje de influencia (Pi medio = 22,56 p.100). No obstante es el semental *Blaqui* utilizado en el 1^{er} periodo generacional el que posee mayor proyección con 17 bisnietos. Los 4 sementales aportan el 65 p.100 de la variabilidad de la población.

DISCUSIÓN

El estudio del grado de integridad del pedigrí (**figura 1**) de cada uno de los caballos Losinos que integran la población de estudio, nos permite determinar el nivel de *ajuste* de todos los cálculos genéticos que requieren el uso de los árboles genealógicos (coeficiente de consanguinidad, índice de conservación genético, influencia de sementales, etc) (Valera, 1997).

Al ser una raza que acaba de dar los primeros pasos dentro del proceso de

recuperación, aún sólo tenemos 3 generaciones conocidas, observamos cómo el grado de integridad de cada una de las generaciones va sufriendo un paulatino descenso conforme nos acercamos a la población base o fundadora (G4). La enorme diferencia existente entre los animales pertenecientes al último periodo generacional (G1) con respecto a los del periodo anterior (G2), donde $DG = 42,06$ p.100 es debido a que la introducción de animales fundadores (de los cuales se desconoce su ascendencia) ha sido paulatina, habiendo nuevas incorporaciones en cada uno de los periodos generacionales.

En la **tabla I** se corrobora esta hipótesis ya que vemos la intervención paulatina de animales fundadores (yeguas en su mayor proporción) en cada uno de los periodos generacionales, siendo en la 2^a generación donde ha intervenido la mayor proporción de fundadores con un 53,84 p.100 del total.

No obstante el índice de integridad nos proporciona unos datos que se ajustan más al tipo de información que utiliza los programas de cálculos de parámetros genéticos basados en el examen genealógico. Al tratarse de una media armónica, se va acumulando la información disponible de cada una de las generaciones. Así pues, se prevé que para la generación parental de la población base o fundadora el índice de integridad es del 30 p.100.

El hecho de haber transcurrido tan poco espacio de tiempo desde el momento de comenzar, en el Centro de Pancorbo, la recuperación de la raza del caballo Losino hace que de los 154 animales que han sido censados hasta el momento del estudio, un 20,31 p.100

sean animales pertenecientes a la población base o fundadora (**tabla II**). Así mismo, observamos el elevado número medio de fundadores por pedigrí (16,80) que representa aproximadamente el 65 p.100 de la población base. Esta cifra se puede considerar muy elevada si comparamos con los resultados obtenidos por otras razas equinas como el Caballo Cartujano, el Pura Raza Español, el Pura Sangre Inglés, el Trotador Francés, el Pura Raza Árabe, el caballo Anglo-Árabe, el Silla-Francés y el Przewalski (McCluer *et al.*, 1986; Lacy, 1989; Moureaux *et al.*, 1996; Valera, 1997 y Valera *et al.*, 1998a).

Destacar así mismo, que aunque el número efectivo de fundadores (G.C.I.) parezca que arroja un valor pequeño (3,09), esto no es así, debido a dos hechos:

Al ser una población base o fundadora tan reducida (26 animales), hay que tener en cuenta que el G.C.I. siempre va a ser igual o menor que 26, representando en nuestro caso el 12 p.100 de la población base.

Al haber transcurrido tan pocas generaciones desde el comienzo de la recuperación y al haber participado un reducido de machos fundadores el G.C.I. no puede arrojar un valor elevado. No obstante sí permite prever, junto con los datos obtenidos del nivel de consanguinidad y de la influencia de los sementales, que en la actualidad se han formado dos subpoblaciones dentro de la raza, en función de la línea paterna de origen, poseyendo ambos fundadores un número de apariciones totales en el pedigrí aproximado (79 veces *Blaqui* y 70 veces *Moro*). Siendo el semental *Moro* junto a la yegua

Mora (introducidos ambos en la primera generación) los fundadores con mayor porcentaje medio de influencia tanto para la población total como para los animales que guardan parentesco con ellos (**tabla II**).

El doble hecho de haber transcurrido un corto periodo de tiempo desde el comienzo de la recuperación de la raza, junto con la entrada secuencial de animales fundadores en cada intervalo generacional, ha motivado que la consanguinidad media de la población de caballos Losinos sea baja ($F_{media} = 1,8$ p.100) si la comparamos con otras razas equinas con un bajo número de efectivo ganadero ya sean porque están en peligro de extinción o en vías de recuperación. Cabe citar entre otros los trabajos de Oom *et al.* (1991) en la raza Sorraia con una $F_{media} = 31,50$ p.100 (para 9 niveles generacionales), Buisman and Weeres (1982) para el caballo Przewalskii con una $F_{media} = 22,9$ p.100 y Valera *et al.*, (1998b) para el Cartujano ($F_{media} = 11,70$ p.100). O de otras razas equinas con mayor efectivo poblacional como el P.R.E., ($F_{media} = 5,05$ p.100) (Valera, 1997), la población italiana de caballos Haflinger ($F_{media} = 6,59$ p.100) (Gandini *et al.*, 1992), el Pura Sangre Árabe explotado en España ($F_{media} = 5$ p.100) (Valera *et al.*, 1996a y 1996b), el Standardbred (F_{media} comprendidas entre el 7 p.100 y el 12 p.100) (McCluer *et al.*, 1983; Cothran *et al.*, 1984 y Cunningham, 1991) y la raza Lusitana $F_{media} = 9,03$ p.100 (Oom, 1992). Sin embargo autores como Steele (1944) para las razas Thoroughbred, Standardbred y American Saddle, Fletcher (1945 y 1946) para las razas Quarter Horse, King Ranch y Tennessee y Olech (1984)

para la raza polaca Hucul., han obtenido una F_{media} similar a la obtenida en el caballo Losino, con unos límites comprendidos entre el 1,4 p.100 para el Thoroughbred con el análisis de 5 generaciones y el 2,8 p.100 para razas Tennessee y American Saddle analizando 5 generaciones.

Además de la baja tasa de consanguinidad media en la población de caballos Losinos, también es bajo el porcentaje de animales consanguíneos (11,7 p.100 de la población total con una $F_{media} = 15,29$ p.100, siendo sólo 16 los animales que poseen una consanguinidad peligrosa, superior al 12 p.100 (Cardellino y Rovira, 1987).

No obstante, aunque en la actualidad podemos decir que la población se encuentra muy controlada en cuanto al nivel de endogamia, ya que hasta el momento se está intentando buscar la máxima variabilidad genética, incorporando incluso nuevos animales fundadores que reúnen las características de la raza Losina, hay que tener un especial cuidado en dirigir los acoplamientos para la próxima generación, donde se prevé una tasa media de consanguinidad próxima al 18 p.100 (**tabla IV**) en el caso hipotético de que cada semental tuviera un descendiente con cada una de las yeguas. No obstante el uso de cruces rotativos (Valera *et al.*, 1998) puede permitir seguir manteniendo la máxima variabilidad genética dentro de unos niveles de F inferiores al 12,5 p.100.

Aparece la consanguinidad bajo el supuesto de apareamientos al azar porque en una población finita la probabilidad de cruces entre animales emparentados no es cero. No obstante en poblaciones con apareamientos no

totalmente aleatorios, sino con cruces entre individuos genéticamente emparentados, la consanguinidad ocurre más a menudo que lo esperado por el azar. Así con el objetivo de analizar el grado en que son dirigidos los acoplamientos dentro del panorama ecuestre de la raza Losina, se ha comparado por un lado la evolución seguida por la consanguinidad teórica ($\hat{a}F$) a partir del número efectivo de reproductores y por otro lado la consanguinidad calculada siguiendo la metodología de Wright (F_w) (Molina *et al.*, 1995 y Satué, 1996).

En nuestro estudio la diferencia esperadas, para la próxima generación, entre la consanguinidad calculada a partir del Número Efectivo y a partir de Wright, es más del doble a favor de F_{Ne} (**tabla V**), propio de razas en vías de recuperación que presentan un número efectivo de reproductores muy bajo o de otras razas donde se utilizan un reducido grupo de sementales selectos de elevado valor económico, como es el caso de la Estirpe Cartujana del caballo de P.R.E. (Valera, 1997).

Así pues, se puede afirmar que uno de los motivos por el que se espera que se incremente los niveles de endogamia para la próxima generación, así como que exista una marcada diferencia entre el tipo de metodología utilizada para el cálculo de la consanguinidad, ha sido el reducido número de sementales utilizados desde el inicio de la recuperación de esta raza. El grupo de los cuatros sementales representa un nivel de influencia para la población total superior al 65 p.100, y de forma particular el semental *Betún* mantiene en la actualidad un nivel de influencia medio del 22,56 p.100, o el semental *Blaqui*

que está emparentado con 81 caballo Losino, lo que representa el 52,6 p.100 de la población total (**tabla VI**).

En resumen, las diferencias entre la consanguinidad observada y esperada por la ecuación de N_e indica que, al menos que se comprueben los supuestos de N_e (selección aleatoria y panmixia), la predicción de la consan-

guinidad debe de tomarse con mucha precaución. No obstante cuando se ha considerado, como es nuestro caso, sólo los animales que contribuyen a la progenie de la próxima generación se puede reducir las muy probables sobrestimaciones de N_e y en consecuencia de consanguinidad teórica o esperada.

BIBLIOGRAFÍA

- Alderson, L. 1992. A system to Maximize the Maintenance of Genetic Variability in Small Populations. In: Genetic Conservation of Domestic Livestock. Volume 2. Ed. L. Alderson and Y. Bodó. CAB International.
- Buisman, A. and R. Van Weeren. 1982. Breeding and management of *Przewalskii* horses in captivity. pp 77-160. In Bouman, J.; Bouman, Y. and Groeneveld, A. (eds.), *Breeding Przewalskii horses in captivity for release into the wild*. Publ. Foundation for the Preservation and Protection of the Przewalskii Horse. Rotterdam. 243 pp.
- Cardelino, R. y J. Rovira. 1987. Mejoramiento Genético Animal. Ed. *Agropecuaria Hemisferio Sur*. Montevideo (Uruguay).
- Cothran, E., J. MacCluer, L. Weitkamp, D. Pfenning and A. Boyce. 1984. Inbreeding and reproductive performance in Standardbred horses. *J. of Hered.*, 75: 220-224.
- Cunningham, E. 1991. Genética del Caballo Pura Sangre. *Investigación y Ciencia*. 178: 60-67.
- Fletcher, J. 1945. A genetic analysis of the American Quarter Horse. *J. of Hered.* 36: 346-352.
- Fletcher, J. 1946. A study of the first fifty years of Tennessee Walking Horse breeding. *J. of Hered.* 37: 369-373.
- Gandini, G., A. Bagnato, F. Miglior, and G. Pagnacco. 1992. Inbreeding in the Italian Haflinger horse. *J. Anim. Breed. Genet.* 109: 433-443.
- Hill, W. 1972. Effective size of population with overlapping generations. *Theor. Popul Biol.* 3: 278-289.
- Hill, W. 1979. A note on effective population size with overlapping generations. *Genetic* 92: 317-322.
- Kimurra, M. and J. Crow. 1963. The measurement of population number. *Evolution*. 17: 279-288.
- Lacy, R.C. 1989. Analysis of Founder Representation in Pedigrees: Founder Equivalents and Founder Genome Equivalents. *Zoo Biology*, 8: 111-123.
- Latter, B. 1959. Genetic sampling in a random mating control population of constant size and sex ratio. *Australian J. of Biol. Sci.*, 40: 500-505.
- Lush, J. 1940. Intransire correlations or regressions of offspring on dam as a method of estimating heritability of characteristics. *Proc. Amer. Soc. Animal Prod.*, 1940: 293-301.
- McCluer, J., A. Boyce, B. Dyke, L. Weitkamp, W. Pfenning and J. Parsons. 1983. Inbreeding and Pedigree Structure in Standardbred Horses. *J. Hered.*, 74: 394-399.
- Molina, A., A. Rodero y M. Valera. 1995. Análisis de los niveles de Consanguinidad en la Raza Retinta. *Arch. Zoot.*, 44: 257-265.
- Moureaux, S., E. Verrier, A. Ricard and J. Mériaux. 1996. Genetic variability within French race and riding horse breeds from genealogical data and blood marker polymorphisms. *Genet.*

ESTUDIO POBLACIONAL DE LA RAZA EQUINA AUTÓCTONA LOSINA

- Sel. Evol.*, 28: 83-102.
- Olech, W. 1984. Project of the breeding system of gene pool conservation for Hucul horse in Poland. *Genetica Polonica*, 25: 181-186.
- Oom, M.M., J. Costa-Ferreira and E. Cothran. 1991. Inbreeding reproductive success and genetic variation in the Sorraia horse of Portugal. *Animal Genetics*, 22: 22-23.
- Satué, K. 1996. Estudio de la poblaciones de caballos de Españoles y Arabes de la Yeguada Militar del Estado Español. *Tesis de Master de Equinotécnia*.
- Steele, D. 1944. A genetic analysis of recent thoroughbreds, standardbreds, and American saddle horses. *Bull. Kentucky Agric. Exp. Stn.* No. 462, 27 pp.
- Valera, M. 1997. Mejora Genética del Caballo de P.R.E. de Estirpe Cartujana. *Tesis Doctoral*. Facultad de Veterinaria. Universidad de Córdoba.
- Valera, M., A. Molina y A. Rodero. 1998a. Índice de conservación genética en la estirpe Cartujana del caballo de pura raza española. *Arch. Zootec.*, 47: 175-180.
- Valera, M., A. Molina y A. Rodero. 1998b. La endocria en la estirpe Cartujana del caballo de pura raza española. *Arch. Zootec.*, 47: 241-246.
- Valera, M., A. Molina y K. Satué. 1996a. Influencia del nivel de consanguinidad en la población ganadera del caballo de P.S.á (Pura Sangre Arabe) en España. VI Congreso de Zootécnia. Nov. 1996. Évora.
- Valera, M., A. Molina y K. Satué. 1996b. Estudio comparativo de la evolución del nivel de endogamia en las poblaciones de caballos de P.S.á. (Pura Sangre Arabe) y P.R.E. (Pura Raza Español) en la Yeguada Militar del Estado Español. VI Congreso de Zootécnia. Nov. 1996. Évora.
- Wright, S. 1922. Coefficients of inbreeding and relationship. *Amer. Nat.*, 56: 330-338.
- Wright, S. 1931. Evolution Mendelian Populations. *Genetics*, 16: 107-111.