# INFORME DE ACTUACIONES DESARROLLADAS POR LA UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA A LA ASOCIACIÓN DE GANADEROS DE LA RAZA EQUINA MALLORQUINA

# INFORME DE ACTUACIONES DESARROLLADAS PARA LA ASOCIACIÓN DE GANADEROS DE LA RAZA EQUINA MALLORQUINA EN EL AÑO 2024

## I. INTRODUCCIÓN

La raza equina Mallorquina está en grave peligro de extinción. Atendiendo a esta situación los ganaderos y la administración Balear plantearon, desde hace unos años, un programa de conservación. El programa se basará, fundamentalmente en la realización periódica de estudios demográficos, que nos ofrecerán información actualizada sobre el estado de la diversidad genética de la raza y de sus individuos, además de la orientación de los ganaderos en las decisiones sobre los apareamientos.

En el presente informe se presentan los resultados del estudio demográfico correspondiente al año 2024, y en él se incluyen dos apartados; en primer lugar la evaluación genética de los machos y las hembras activos presentes en el pedigrí, basándonos en dos criterios de selección básicos, como son los coeficientes de consanguinidad y de conservación genética; en segundo término, se presentan los resultados de la aplicación del coeficiente de coascendencia, para seleccionar los apareamientos recomendados de acuerdo a un mínimo coste en incremento de la consanguinidad.

## II. BASE METODOLÓGICA

A continuación, haremos una breve descripción de los tres criterios de selección mencionados anteriormente, con vistas a facilitar su comprensión por parte de los técnicos y ganaderos, para conseguir optimizar su utilización en la selección de reproductores, primero, y para decidir su utilización más recomendable.

1.- Coeficiente de Consanguinidad.

Este coeficiente fue definido por Wright en 1922, el cual lo definió como la probabilidad de que dos alelos de un determinado locus sean idénticos por ascendencia. Esto quiere decir que dos genes de un determinado locus procedan de un antepasado común. Por tanto, una alta consanguinidad en un individuo determina una tendencia a la homocigosis y por tanto a sus consecuencias, como son la disminución de la eficiencia productiva y reproductiva, la baja resistencia al estrés, o la aparición de expresiones de genes deletéreos como deficiencias genéticas de distinto tipo. Todo ello causa una baja eficiencia biológica en los individuos.

A nivel poblacional, la consanguinidad promedio nos indica la situación genética de la población. Una alta consanguinidad poblacional implica una disminución de la diversidad genética y con ello una baja capacidad productiva, reproductiva y adaptativa. En general, cuando los niveles de consanguinidad superan el 12,5%, los efectos de la depresión por endogamia crecen exponencialmente (Baes y col., 2019), lo que supone una gran amenaza para la supervivencia de la población.

Por todo ello, es muy importante el comprobar la evolución del incremento de la consanguinidad poblacional por año o por generación, ya que esto nos pone sobre aviso del comportamiento de la raza, por un lado; y sobre la eficacia del programa de conservación en marcha, por otro.

2.- Coeficiente de Conservación Genética

Cuando se inicia la gestión genética de una población por medio del conocimiento y registro de las relaciones familiares entre los individuos, decimos que se trata de una población genealógica. Este inicio se entiende como la fundación de la población genealógica y los individuos registrados en este inicio son considerados fundadores.

Según van avanzando las generaciones, van surgiendo sucesivas oleadas de individuos descendientes de los fundadores, por lo que nos interesa disponer de alguna herramienta que nos permita conocer la influencia en el pedigrí de los

futuros descendientes de los animales que fundaron la población, debido a que esto sería una medida de la genuinidad que se va manteniendo en la evolución de la población.

Alderson (1990, 1992) propuso por primera vez el concepto de Coeficiente de Conservación Genética, basándose en el número efectivo de los fundadores en los pedigrís. Sobre el valor de este coeficiente influyen dos cuestiones; por un lado, el número de fundadores presentes en el pedigrí, y por otro, la cercanía en el pedigrí de los mismos respecto al individuo. Por tanto, los animales con más fundadores en su pedigrí y con el posicionamiento más reciente de los mismos en el árbol genealógico, son los más interesantes.

El coeficiente de conservación genética cumple este requisito ya que tiene en cuenta los animales fundadores y las segregaciones ocurridas entre ellos y el individuo en cuestión. La fórmula de cálculo del Coeficiente de Conservación Genética sería: $CCG = 1/\sum p_i^2$

Donde $p_i$ es la proporción de genes de un determinado fundador en el pedigrí del individuo, o también, la probabilidad de que un gen de un determinado locus procedente de un determinado ancestro fundador esté presente en el genoma de un individuo.

3.- Coeficiente de Coascendencia.

Este coeficiente se define como la probabilidad de que dos individuos posean en un mismo locus dos genes idénticos por ascendencia, es decir, la probabilidad de que ambos individuos hayan recibido el mismo gen procedente de un antepasado común. Por tanto, la coascendencia de una determinada pareja de potenciales reproductores sería igual a la consanguinidad que tendría su potencial descendiente. Por ello, este coeficiente definido por Malécot en 1948, nos resulta muy útil para hacer una prospección sobre cuáles son los apareamientos que van a ofrecer la mínima consanguinidad en los descendientes, y por tanto, nos van a generar un menor incremento de la consanguinidad en la población, permitiéndonos controlar la pérdida de diversidad genética.

Utilizando este criterio, realizamos una matriz de coascendencia que enfrenta a todos los machos y hembras activos, pudiendo ordenar así los apareamientos de más a menos recomendables, apoyando así la toma de decisiones.

## III. EVALUACIÓN GENÉTICA DE LOS REPRODUCTORES

Entrando ya en la presentación de resultados, debemos puntualizar que todos los análisis básicos han sido llevados a cabo con el programa ENDOG (Gutiérrez y Goyache, 2005).

Comenzamos la presentación con las clasificaciones de los machos y hembras activos reproductivamente en la población, en función de un índice combinado, que tiene en cuenta de forma proporcionada y simultánea la clasificación de los animales en la población, en función de sus Coeficientes individuales de Consanguinidad y de Conservación Genética.

El procedimiento de cálculo ha sido el siguiente:

1.- Preparación de la base de datos de pedigrí.

2.- Cálculo de los coeficientes de consanguinidad y de conservación genética.

3.- Ordenación de los animales en orden ascendente para el Coeficiente de Consanguinidad y descendente para el Coeficiente de Conservación Genética.

4.- Aplicación de un ranquin para el coeficiente de consanguinidad de modo que, aquellos animales con valores menores adquieran la mayor posición en el ranquin.

5.- Aplicación de un ranquin para el coeficiente de conservación genética de modo que, aquellos animales con valores mayores adquieran la mayor posición en el ranquin.

6.- Aplicación de un índice combinado:

$$IC = \left(\frac{RCC}{Nº\ RCC}\right) \times 1{,}5 + \left(\frac{RCCG}{Nº\ RCCG}\right)$$

Donde:

- IC: índice combinado.
- RCC: Orden en el ranking de los coeficientes de consanguinidad.
- Nº RCC: Total de posiciones del ranking de consanguinidad.
- RCCG: Orden en el ranking de los coeficientes de conservación genética.
- Nº RCCG: Nº total de posiciones del ranking del coeficiente de conservación genética

7.- Clasificación de los machos y de las hembras en función del índice.

En la tabla Excel anexa se muestran los resultados de la evaluación genética de los animales vivos (Tabla anexa I), ordenados de mayor a menor por el índice combinado que tiene en cuenta los coeficientes de consanguinidad y de conservación genética. Todos los resultados se han obtenido con la información registrada en el libro genealógico de la raza, por ello cualquier relación de parentesco que no sea oficial, no se ha computado.

En la tabla sólo se representan los reproductores activos y debemos tener en cuenta que los individuos con el mismo valor del índice deben considerarse con la misma categoría, aunque ocupen distintas posiciones en el ranking.

Esta información debe tenerse en cuenta a la hora de seleccionar los reproductores, ya que los animales con los índices más altos son los que poseen una mayor diversidad y representatividad.

## IV. PLANIFICACIÓN DE LOS APAREAMIENTOS

Una vez que los sementales y las hembras reproductoras han sido evaluados genéticamente por su diversidad (Coeficiente de Consanguinidad) y por su representatividad (Coeficiente de Conservación Genética), debemos implementar los mecanismos para saber cómo utilizarlos en la reproducción.

Para ello utilizamos el coeficiente de coascendencia para establecer una matriz enfrentando a todos los reproductores machos y hembras activos disponibles en la población, obteniendo así el valor de los coeficientes de consanguinidad que tendrían sus potenciales descendientes.

En este caso, presentamos los resultados generales involucrando a todos los animales registrados, y sólo entre los machos y hembras calificados como aptos reproductores (Tablas Excel anexas, por ganadería). En estas presentaciones hemos utilizado las hembras de cada ganadería como referencia, así como los apareamientos con todos los machos de la población ordenados de más a menos recomendables.

Estos listados pretenden ser un útil en el que los ganaderos y la Asociación puedan comprobar la oportunidad de los apareamientos que deseen hacer. Valores de cero indican una nula consanguinidad de la descendencia potencial, otros valores indican relaciones consanguíneas en mayor o menor medida.

## V. ESTUDIO POBLACIONAL

Finalmente se aprovecha el presente estudio para realizar un análisis de la situación genética de la población y de su evolución interanual.

En la figura 1 se puede observar la evolución de los promedios de consanguinidad de los animales nacidos cada año, entre el periodo 1968 y 2024. Nuestros resultados indican un comportamiento ascendente desde el inicio de la toma de registros, lo que podría deberse al escaso censo de animales disponibles para la reproducción, así como a una mala organización de los apareamientos. Igualmente, es de esperar un leve aumento de la

consanguinidad desde la constitución de la población fundadora ya que, conforme se va profundizando en el pedigrí de los individuos, se refleja el estatus real de la población desde el comienzo de los registros. No obstante, desde el año 2006, los niveles de consanguinidad se han conseguido mantener entre unos valores del 3 y 8%, a excepción del repunte del año 2011. Durante los últimos años, se ha producido un leve repunte desde el año 2021 (con un promedio de consanguinidad del 3% en animales nacidos), que se encuentra en continuo crecimiento hasta el año 2024 (con un promedio de consanguinidad del 6% de los animales nacidos en ese año).

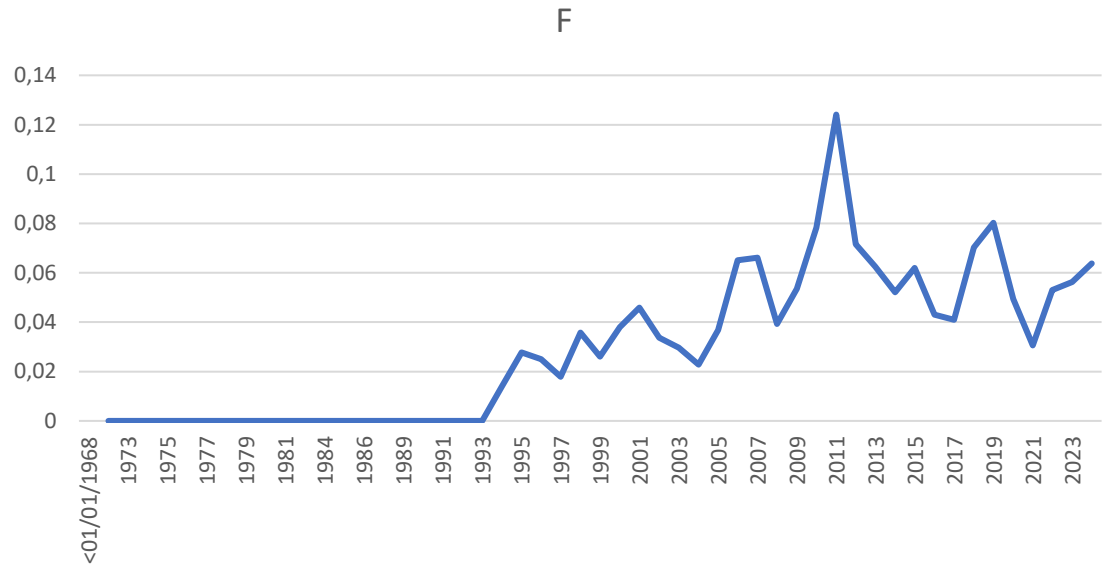


Figura 1. Evolución de los coeficientes de consanguinidad promedio.

En la figura 2 podemos observar que el comportamiento del coeficiente de conservación es óptimo, ya que asistimos a un incremento significativo a través de las generaciones. Incluso durante los últimos 3 años, donde habíamos visto anteriormente un comportamiento ligeramente negativo para la endogamia, se observa un buen progreso en cuanto a la genética fundadora. Ello indica una buena utilización de los fundadores en la reproducción, manteniendo la genuinidad en la raza.

En conclusión, los comportamientos de los coeficientes de consanguinidad y de conservación genética presentan una cierta variabilidad dentro de la tendencia creciente de los últimos años, donde además, los valores del

coeficiente de consanguinidad parecen mantenerse desde el año 2006 a excepción del repunte del año 2011.

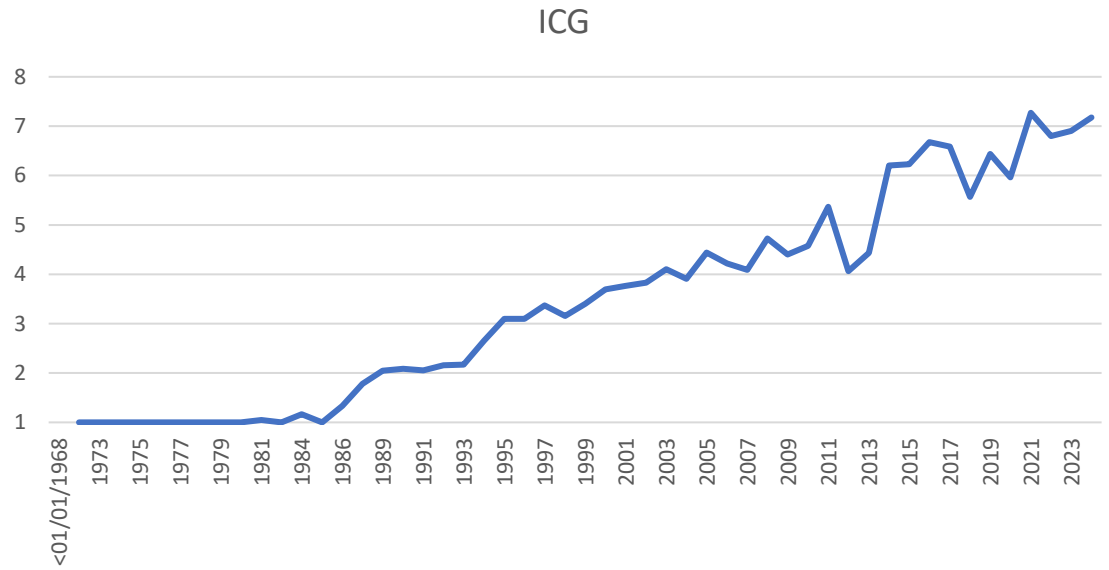


Figura 2. Evolución de los coeficientes de conservación genética promedios.

## VI. PROPUESTA DE SEMENTALES PARA CONSERVAR EN EL BANCO

Se proponen como sementales a conservar los animales que ocupan el primer tercil del ranquin de sementales vivos para el índice combinado. Cuando el número de animales propuestos exceda el número de individuos recomendado a preservar en el banco, quedando animales con el mismo índice combinado fuera de los recomendados para su conservación, se seleccionarán aquellos individuos que, a igualdad de índice combinado, presenten una mayor edad y no se encuentren en el mismo rebaño que otros individuos recomendados.

- 724019000000152 (XAROP DE BLAU TP)
- 724019000000096 (SULTAN CR)
- 724019000000115 (BATAI CR)
- 724019000000113 (CLENXAT CR)
- 724019000000156 (ETERN)

- 724019000000097 (TRO CR)
- 724019000000024 (PETITO DE SON GARBI)
- 724019000000100 (DATIL)
- 724019000000165 (AGLA SS)
- 191801000400140 (BRUIXOT CS)
- 724019000000107 (VINCENT SP)
- 724019000000128 (MERLYN SP)
- 191801000500013 (ESPRIT CR)
- 724019000000133 (SOLITARI LP)
- 724019000000146 (LLUC IDO)
- 191801000700003 (FLOC LP)
- 191801000400024 (COSSIER CS)
- 191801000500014 (PINYOL CS)
- 191801000400153 (VERDEROL LP)
- 724019000000035 (FARAO CS)
- 724019000000071 (DUC)
- 724019000000150 (L'OFRE OP)
- 191801000600004 (PETIT NB)
- 724019000000060 (BLAT DE SON BANUS CS)

Igualmente, se proponen una serie de machos que se encuentran en la categoría de candidatos y que no están calificados morfológicamente aun teniendo edad suficiente para ello, que ocupan las primeras posiciones del ranquin, dentro del primer tercil, y que serían buenos candidatos para conservar su material genética en el banco cuando hayan superado la calificación morfológica.

- 724019000000110 (ABRINAT CR)
- 724019000000122 (AQUILES CR)
- 724019000000094 (ESTEL CR)
- 724019000000092 (MORTITX DE CAN FRAU)
- 724019000000109 (PIRATA I CR)

- 724019000000135 (BLAU DE SON GARBI)

## VII. REFERENCIAS


- Alderson, L. 1990. Genetic conservation of domestic livestock. Wallingford, U.K.: CAB International, p. 242.
- Alderson, L. 1992. A system to maximize the maintenance of genetic variability in small populations. In: ALDERSON, L.; BODO, I. (Eds.) Genetic conservation of domestic Livestock II. Wallingford: CABI, p.18-29.
- Baes, C. F., Makanjuola, B. O., Miglior, F., Marras, G., Howard, J. T., Fleming, A., & Maltecca, C. (2019). Symposium review: The genomic architecture of inbreeding: How homozygosity affects health and performance. Journal of dairy science, 102(3), 2807-2817.
- Gutiérrez J.P. & Goyache F. 2005. A note on ENDOG: a computer program for analysing pedigree information. Journal of Animal Breeding and Genetics 122, p. 172-176.
- Malécot, G. 1948. Les mathématiques de l'hérédité. Paris: Masson & Cie.
- Wright, S. 1922. Coefficients of inbreeding and relationship. Amer. Natur, 56, p. 330-338