

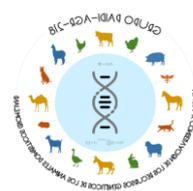


Grupo de investigación
PAIDI AGR-218 (BIOMEJAN)
Departamento de Genética
Universidad de Córdoba
Edificio C5, Campus de Rabanales
14071, Córdoba – España
juanviagr218gmail.com
Tlf.: +34957218706
+34608888772



INFORME DE ACTUACIONES DESARROLLADAS POR LA UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA A LA ASOCIACIÓN DE GANADEROS DE LA RAZA ASNAL BALEAR





INFORME DE ACTUACIONES DESARROLLADAS PARA LA ASOCIACIÓN DE GANADEROS DE LA RAZA ASNAL BALEAR MALLORQUINA EN EL AÑO 2024

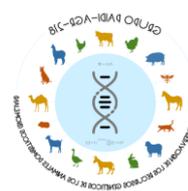
I. INTRODUCCIÓN

La raza asnal Balear está en grave peligro de extinción, al igual que la mayor parte de las razas asnales del mundo, hasta el punto de poder considerar a toda la especie en un estado de permanente amenaza.

Atendiendo a esta situación, los ganaderos y la administración Balear plantearon, desde hace unos años, un programa de conservación que ha funcionado de forma intermitente, y por ello, no ha presentado resultados contundentes. En los últimos años, se ha iniciado una nueva etapa del programa, dentro de la colaboración establecida entre la administración Balear y la Universidad de Córdoba para apoyar a los ganaderos a mantener la diversidad genética de la raza.

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 y nos interesa disponer de alguna forma de 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:

$$IC = \left(\frac{RCC}{N^{\circ} RCC} \right) \times 1,5 + \left(\frac{RCCG}{N^{\circ} RCCG} \right)$$

Donde:

- IC: índice combinado.
- RCC: Orden en el ranking de los coeficientes de consanguinidad.
- N° RCC: Total de posiciones del ranking de consanguinidad.
- RCCG: Orden en el ranking de los coeficientes de conservación genética.
- N° RCCG: N° 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, tanto sementales como hembras reproductoras, ordenados de mayor a menor por el índice combinado que tiene en cuenta los coeficientes de consanguinidad y de conservación genética, proporcionados adecuadamente. 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 las tablas 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 (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 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.

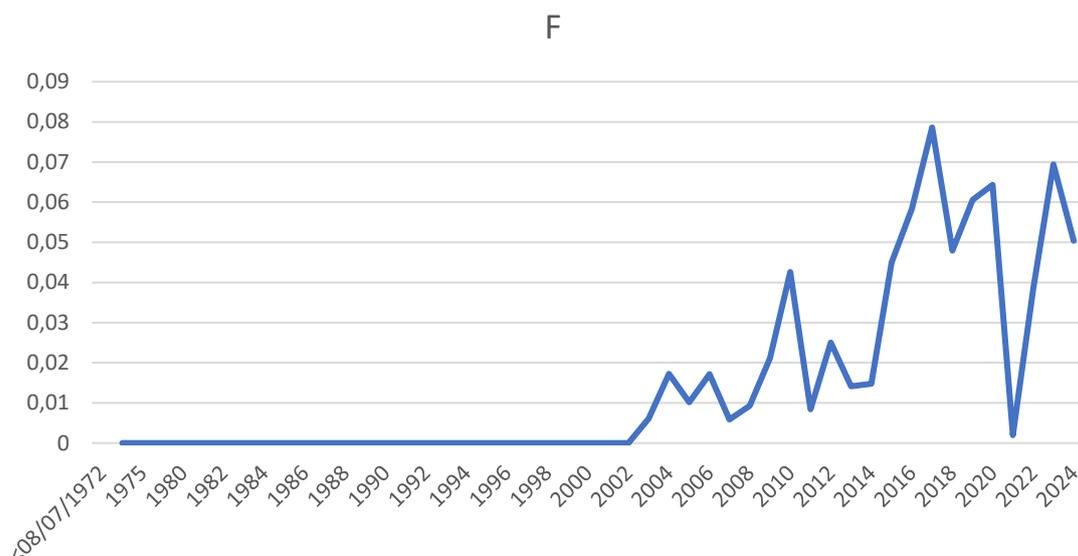
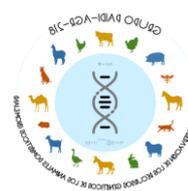


Figura 1. Evolución de los coeficientes de consanguinidad promedio.

En la figura 1 se representa la evolución del promedio de consanguinidad en los animales nacidos desde el inicio de registros hasta 2024. Se evidencia una gráfica ascendente durante las últimas dos décadas hasta alcanzar una situación relativamente estable a partir del año 2016.

El promedio de consanguinidad en animales nacidos durante 2023 y 2024 (6,9 y 5,0% respectivamente) supone un repunte respecto a los años 2021 y 2022 (con 0,2% y 3,8%, respectivamente). Sin embargo, estos valores se encuentran en consonancia con la tendencia que se venía describiendo desde el año 2016. Ello se debe a que los animales nacidos en 2021 muestran una consanguinidad de prácticamente el 0%, aunque se trata de tan solo 8 individuos registrados en el libro. Por su parte, 2022 sí proporcionó un buen número de animales y con unas cifras de consanguinidad próximas a cero, salvo tres casos que se encontraban en torno al 25%. En lugar de corregirse, estos casos se han seguido produciendo durante los años 2023 y 2024 e incluso se repite la casuística en las mismas ganaderías (Albraxella y Can Morey), se han descrito



dos individuos con una consanguinidad del 38% y tres del 25% de 28 nacimientos inscritos en estos años.

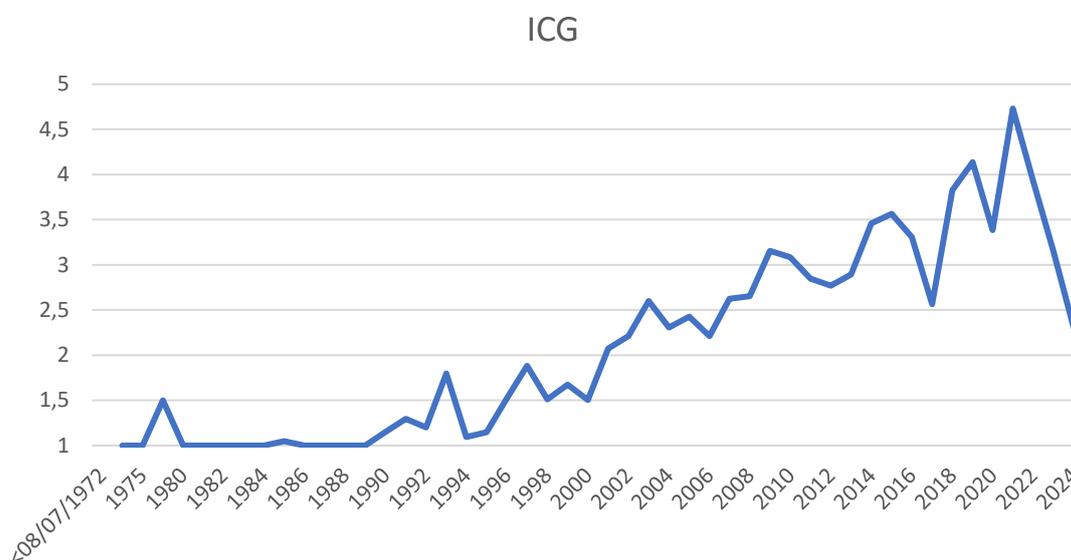


Figura 2. Evolución de los coeficientes de conservación genética promedios.

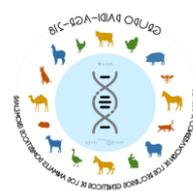
En la Figura 2 se puede observar que el comportamiento que ha seguido el coeficiente de conservación es, en general, óptimo, pues hemos acontecido a un incremento significativo a través de las generaciones. Sin embargo, tal y como se refleja en la consanguinidad, los valores empeoran durante los dos últimos años. Ello se debe a que los animales altamente endogámicos ofrecen valores poco interesantes desde el punto de vista de la conservación genética, pues la consanguinidad, por definición, reduce el número de ancestros que contribuyen a la dotación genética de los individuos. En otras palabras, a mayor consanguinidad, más veces contribuye el mismo ancestro común en detrimento de ancestros diferentes a la constitución genética de un determinado animal.

A modo de balance, la evolución de los coeficientes de consanguinidad y conservación genética muestran un comportamiento generalmente positivo desde el inicio de los registros. El coeficiente de consanguinidad ha ido incrementado, como era previsible, con el paso de los años, aunque se ha conseguido alcanzar una cierta estabilidad, conteniendo el incremento de estos



valores. Por su parte, la conservación genética ha presentado un crecimiento continuo hasta hace tan solo unos años.

Antes del 2017, el nacimiento de animales con niveles elevados de consanguinidad eran casos aislados sin apenas repercusión en la evolución de las figuras, pues estas dependen del número total de nacimientos inscritos. Sin embargo, a partir de ese año (menos el año 2021), el número de animales con altos niveles del coeficiente de consanguinidad y niveles bajos del índice de conservación genética ha pasado a ser más frecuente en relación al número de nacimientos inscritos (5 casos en 2017 de 13 nacimientos y 2 casos en 2024 de 10 nacimientos). Ello alerta de las malas decisiones a la hora de realizar los apareamientos. Es decir, durante estos años han nacido ruchos con una menor diversidad genética y con una menor representatividad fundadora. Obtener crías con unos valores de consanguinidad tan sumamente críticos como son los descritos (25% e incluso 38%) pone en peligro la supervivencia de la raza. Dichas cifras de endogamia se acompañan de efectos deletéreos que comprometen tanto la viabilidad y salud de los animales como el comportamiento reproductivo de la población. Una elevada consanguinidad descende la eficacia reproductiva en las reproductoras y aumenta los abortos y la mortalidad neonatal en las crías, situación que supone un enorme problema para una población tan amenazada y con tanta necesidad de nacimientos. La planificación de los apareamientos observada es preocupante teniendo en cuenta las herramientas de las que dispone la asociación, como es la matriz de coancestría, que permite planificar apareamientos evitando la consanguinidad en el producto nacido. Es todavía más inaudito si se tiene en cuenta la especial dedicación y consideración que se dedica a la raza, ya que se le proporciona a cada ganadero un listado simplificado de garañones que pueden cubrir en sus ganaderías sin incrementar la consanguinidad en su explotación. Es urgente la correcta planificación de los apareamientos para maximizar la genuinidad de la raza y diversidad genética individual, pues de otra manera se pone en grave peligro a la viabilidad de la población. El año 2021 es la evidencia de que ello es posible.



Igualmente, se llama a la promoción y uso reproductivo de los mejores machos desde el punto de vista de la diversidad genética. De los 39 garañones vivos que se encuentran en el primer tercil respecto al índice combinado, tan solo 9 cuentan con el estatus de “reproductor apto”. De los 30 machos restantes, 18 de ellos han sido castrados y 7 de ellos no han sido sometidos a la calificación morfológica, aun teniendo la edad mínima suficiente (3 años) para ello. Disponer de tan solo 9 machos reproductivamente activos en el libro limita a los ganaderos de manera extrema la elección de los machos a la hora de cubrir a sus hembras.

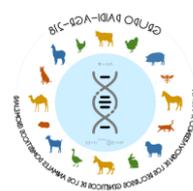
A continuación, se ofrecen cuatro aspectos destacados a modo de conclusión de las evoluciones de la consanguinidad y conservación genética promedios:

- No se están siguiendo los apareamientos recomendados.
- Las generaciones más actuales son muy consanguíneas.
- Es urgente calificar a los reproductores pendientes de ello.
- En la decisión de castración de los machos, debe tenerse en cuenta si se tratan de aquellos más representativos y más diversos de la raza.

VI. PROPUESTA DE SEMENTALES PARA CONSERVAR EN EL BANCO

Se proponen como sementales a conservar los animales que ocupan la cabeza del ranquin de machos vivos para el índice combinado. Cuando el número de animales propuestos exceda el número recomendado de individuos 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.

- 985100010380419 (Nostro M.A)
- 985100010290791 (Galatzó de Sa Corona) (Cuenta con semen en banco)
- 977200005559312 (Mestral de Sa Corona)



- 10010000724040000512765 (Xaloc d'Es Cabàs)
- 10010000724040000236082 (Moret d'Alputzer Nou)
- 10010000724040000264358 (Moreno de Son Eixida)
- 10010000724040000269159 (TIAGO d'Estancia Rafal Nou)
- 10010000724040000266581 (FUSCO de Hort Rafal Nou)
- 10010000724040000268093 (Macià d'Egipte)

Observando el microchip de los tres primeros machos propuestos, es evidente la avanzada de los animales que, por situación reproductora y registro del libro genealógico, son los efectivos con los que cuenta la raza para producir descendencia inscribible en el libro.

Por ello, a continuación, se ofrece un listado de jóvenes machos que se propondrían para conservar en el banco tras superar la calificación morfológica, una vez alcanzada la edad mínima para ello (3 años) y de los que se recomienda no practicar castración por su enorme interés desde el punto de vista de la diversidad genética.

- 10010000724040000548789 (Arnau de Ca'n Morey)
- 10010000724040000514746 (Valent de Ariant)
- 10010000724040000650231 (CLAVELL S.A. de S'Argusam)
- 10010000724040000649673 (NENU d'Alputzer Nou)
- 10010000724040000648861 (Fabiol de Torre Vella)

Finalmente, a continuación, se plantea un listado de animales que, cumpliendo con la edad mínima para su calificación (nacidos antes de 2022), aún no disponen de la categoría de “reproductor apto” y se podrían proponer para banco cuando superasen la calificación morfológica.

- 10010000724040000512899 (TROBAT de Bellveure)
- 10010000724040000511945 (CALIU de Son Pax)
- 10010000724040000512759 (BOIRA de Can Mosset)
- 10010000724040000512131 (Rupit de Son Eixida)
- 10010000724040000512772 (Roc de Son Pons Cardaix)



- 10010000724040000513321 (FUMAT de Son Sans)
- 10010000724040000269154 (TORD de Son Eixida)

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., Mankanjuola, 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