



Tendencias genéticas y fenotípicas para pico productivo, rendimiento lechero y persistencia de lactación en la raza Murciano-Granadina



Judith Carmen Miranda Alejo ^{a,b}

José Manuel León Jurado ^{b,e}

Camillo Pieramati ^c

Mayra Mercedes Gómez Carpio ^{b*}

Jesús Valdés Hernández ^d

Cecilio José Barba Capote ^a

^a Universidad de Córdoba. Departamento de Producción Animal, Campus de Rabanales. Edif. de Producción Animal, Córdoba 14071, España.

^b Universidad de Córdoba. Departamento de Genética. Campus de Rabanales. Córdoba, España.

^c Università Degli Studi di Perugia. Dipartimento di Medicina Veterinaria. Perugia, Italy.

^d Universidad Autónoma de Barcelona. Departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos. Centre for Research in Agricultural Genomics, Barcelona, España

^e Delegación de Agricultura y Medio Ambiente. Centro Agropecuario Provincial. Diputación de Córdoba, Córdoba. España

* Autor de correspondencia: mayragomezcarpio@gmail.com

Resumen:

El objetivo fue evaluar las tendencias genéticas (TG) y fenotípicas (TF) para los caracteres de pico productivo (PP), rendimiento lechero (RL) y persistencia de la lactación (P) en la curva de lactación de la raza Murciano-Granadina (MG). Para ello se utilizaron 180,872 lactaciones, de 85,404 cabras (registros históricos de 1990-2012). Para la obtención de los caracteres de interés (PP, RL y P) se realizó la biomodelación de curvas de lactación mediante el modelo Spline usando el software “R”. Los valores

genéticos (VG) se obtuvieron mediante modelo animal univariado con observaciones repetidas, empleándose el paquete MTDFREML. Las TG y TF se estimaron vía mínimos cuadrados en una regresión del promedio de los VG e información productiva conocida según el año de nacimiento. En el cálculo de las TG y TF se obtuvieron coeficientes de regresión lineal (b), donde los valores b para PP, RL y P fueron de +0.00071, +0.00698; +0.00114, +0.01117 y +0.00002, -0.00076; respectivamente. El trayecto de TG, TF de PP y RL se comportó de la misma manera siguiendo una línea de tendencia ascendente con presencia de intervalos de crecimiento y decrecimiento. La TG de P mostró un comportamiento estacional y la TF fue descendente con puntos más consistentes en su recorrido; reforzando la idea de que altas producciones van en detrimento de la P. Estos resultados permiten informar a los criadores del comportamiento de estos caracteres y considerar la incorporación de la persistencia de la lactación como criterio de selección en el programa genético de la raza.

Palabras clave: Programa de cría, Cabra, Leche, Valores genéticos.

Recibido: 19/11/2018

Aceptado: 19/03/2019

Introducción

La especie caprina tiene una gran relevancia mundial, especialmente en los países en vías de desarrollo, donde son criados con criterios de multifuncionalidad⁽¹⁾. Sin embargo, las razas caprinas lecheras tienen un interés especial para la ganadería meridional europea, y aunque cuentan con censos reducidos respecto al efectivo total mundial; en Francia y España se han conseguido aumentos considerables de los rendimientos y períodos de lactancia más prolongados. Esta eficiencia productiva responde a las necesidades de proveer gran cantidad de leche a la industria de quesos de cabra de alta calidad, vinculada a las tradiciones culturales de gran arraigo en algunos países europeos, que siguen ofreciendo una perspectiva optimista para el sector caprino⁽²⁾.

La raza Murciano-Granadina (MG) forma parte de ese selecto grupo de razas caprinas lecheras especializadas, constituyéndose en una de las principales razas autóctonas lecheras de España, tanto en censo (104,000 hembras reproductoras inscritas en el libro genealógico) como en producciones (584.4 kg leche por lactación)⁽³⁾. Esta información posiciona a la MG en primer orden, junto a las razas Florida y Malagueña, por su elevado potencial productivo respecto a otras razas autóctonas españolas como la cabra del Guadarrama, Majorera, Palmera, Payoya y Tinerfeña.

La raza MG fue reconocida oficialmente en los años 70 del pasado siglo y desde entonces, se tiene referencias sobre el Esquema de Valoración Genético-Funcional de Machos Reproductores (Resolución de 28 de marzo de 1979 de la Dirección General de la

Producción Agraria⁽⁴⁾. Hasta la fecha, se ha logrado obtener una robusta base de datos del registro genealógico y funcional de estos animales, lo que ha permitido desde entonces la evaluación genética de los reproductores.

El actual programa de selección de las cabras MG está consolidado tras 29 años de selección haciendo énfasis en medidas como: producción de leche, grasa, proteína y rendimiento del extracto seco. Para esta instancia, las estimas de las tendencias genéticas (TG) son importantes para testear la eficacia de los esquemas de mejoramiento aplicados, y para proporcionar a los mejoradores información para desarrollar programas de selección más eficientes⁽⁵⁾.

También, las evaluaciones de TG y tendencias fenotípicas (TF) ayudan principalmente a entender y transmitir el efecto que tiene la selección respecto a las generaciones anteriores^(6,7), así como contrastar los resultados obtenidos en función del esquema propuesto, de forma tal que nos permita corregir cualquier desviación de lo esperado.

En estudios de referencia en especies lecheras, los investigadores se han centrado, de manera general, en TG y TF para rasgos de rendimientos lecheros (RL) y composición; sin embargo, no se ha reportado el comportamiento genético de otros caracteres relacionados con la curva de lactación⁽⁸⁾.

Asimismo, este es el primer estudio en cabras MG sobre TG de parámetros de la curva de lactación, en particular sobre el pico productivo (PP) y la persistencia (P). Este estudio se realiza con el fin de justificar la consolidación de estos caracteres para ser incluidos como criterios de selección en el programa de cría de la raza. Por tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar las TG y TF para los caracteres de PP, RL y P en la raza Murciano-Granadina (MG).

Material y métodos

Datos y procedimientos de edición

La información genealógica y funcional utilizada en el presente estudio pertenece a los archivos históricos del programa oficial de mejora de la raza caprina MG. La base de datos original contenía 180,872 lactaciones estandarizadas a 210 días de duración (método A4 del ICAR⁽⁹⁾), de 85,404 cabras pertenecientes a 229 ganaderías, cubriendo los años de nacimiento desde 1990 a 2012. Durante el análisis exploratorio, la base de datos fue editada y estandarizada para eliminar los datos considerados anómalos: datos repetidos, lactancias con menos de seis controles, rendimientos diarios que sobrepasen los 10 kg de leche o que estén por debajo de 0.2 kg y valores nulos; estando acorde a la normalización realizada por el programa de mejora de la raza MG.

Análisis genético y modelos estadísticos

Para la obtención de los caracteres PP, RL y P, se realizó la biomodelización de las curvas de lactación individualizadas por animal, usando el modelo *Spline* por su mejor R^2 , flexibilidad y bondades de ajuste para la raza⁽¹⁰⁾. A su vez, para la resolución del modelo se utilizó el software estadístico “R” versión 3.2.3⁽¹¹⁾. Particularmente, los valores de P de la lactancia son expresados como medidas adimensionales⁽¹²⁾.

Los valores individuales de los caracteres de la curva de lactación (PP, RL y P) se analizaron con un modelo animal con observaciones repetidas y la opción univariante (uni-carácter). El modelo uni-carácter usado se presenta en notación matricial⁽¹³⁾.

$$y = \mathbf{Xb} + \mathbf{Z}_a\mathbf{a} + \mathbf{Z}_p\mathbf{p} + \mathbf{e}$$

Donde:

y = es el vector de información fenotípica de los caracteres analizados PP, RL y P;

b = vector de los efectos fijos (grupo de contemporáneas del rebaño-año-estación (RAE-unificado), número lactación, tipo parto y edad (covariable));

a = vector del efecto aleatorio aditivo del animal;

p = vector del efecto ambiental permanente;

e = es el vector de efectos residuales para los caracteres analizados;

\mathbf{X} , \mathbf{Z}_a y \mathbf{Z}_p : son las matrices de incidencia (conocidas) de los efectos fijos (\mathbf{X}) y efectos aleatorios (\mathbf{Z}_a y \mathbf{Z}_p), respectivamente.

Los componentes de la varianza para todos los efectos aleatorios fueron estimados utilizando el programa Multiple Trait Derivate Free Restricted MaximunLikelihood (MTDFREML)⁽¹⁴⁾ y ajustando el modelo animal univariado (descrito previamente). Para testar las estimaciones lógicas, se utilizó un criterio de convergencia de $\text{Var} [-2\log(L)] < 1 \times 10^{-9}$ (donde L representa la función de verosimilitud).

Los valores genéticos (VG) de los animales para los caracteres de interés se estimaron mediante la metodología del mejor predictor lineal insesgado (BLUP)⁽¹⁵⁾. Para la estimación de TG y TF, los VG estimados se ajustaron en un modelo de efectos fijos con el año de nacimiento como único efecto fijo. Alternativamente, también se estimaron las tendencias ambientales (TA) para los caracteres de interés. Para el cálculo de estas tendencias se realizaron predicciones mediante los coeficientes de regresión lineal (b) del promedio de los VG, expresados por año de nacimiento y de la información productiva conocida con respecto al año en cuestión. Estos procedimientos se llevaron a cabo utilizando el paquete estadístico R⁽¹¹⁾.

Resultados

Los estadísticos descriptivos para los caracteres analizados en este estudio revelaron una media y desviación típica de 1.05 ± 0.32 y 1.21 ± 0.35 kg de leche para RL y PP, respectivamente, así como de 1.03 ± 0.35 para P.

Las TG y TF respecto al año de nacimiento para los caracteres analizados se muestran en las Figuras 1 a 6 con su respectivo coeficiente de regresión lineal (b). Estos resultados sugieren variaciones dinámicas para la población de cabras MG, detectándose un punto de rebote estacionario en 1999 coincidiendo con el inicio del esquema de selección moderno, basado en evaluaciones BLUP. Subsecuentemente, las oscilaciones alrededor del eje x para estos tres caracteres, revelan congruentemente que, en un período de 22 años, los caracteres de PP y RL presentaron un comportamiento de tendencia ascendente y magnitud similar; mientras que el carácter de P se mostró de estacionario a decreciente.

Figura 1: Tendencia genética pico productivo

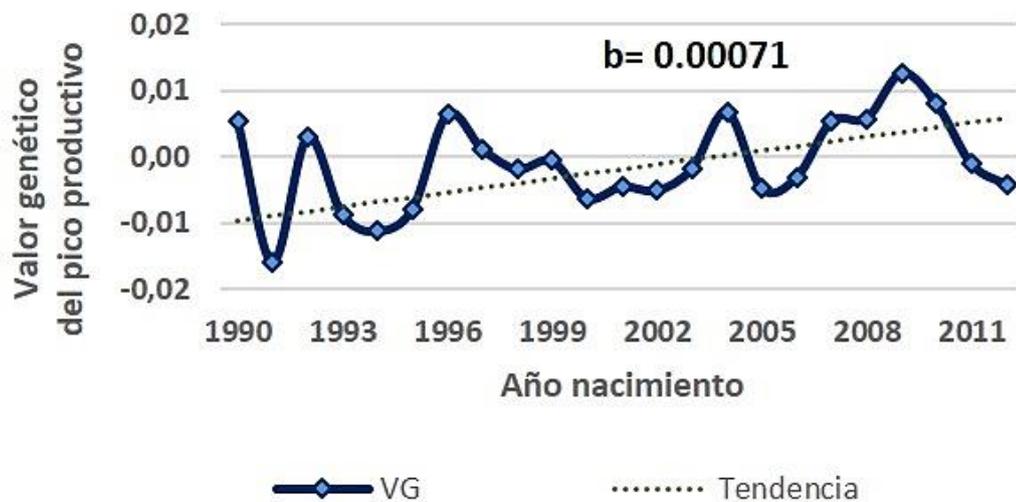


Figura 2: Tendencia genética rendimiento

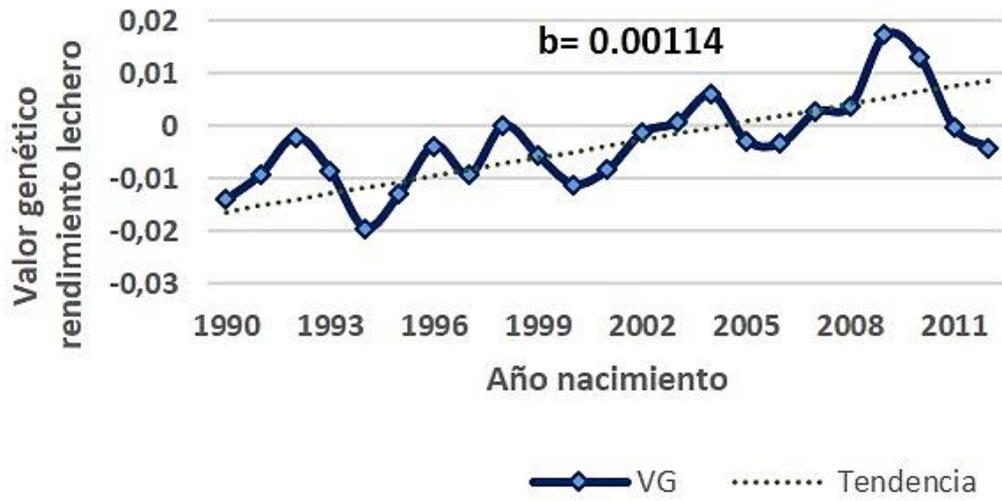


Figura 3: Tendencia genética persistencia

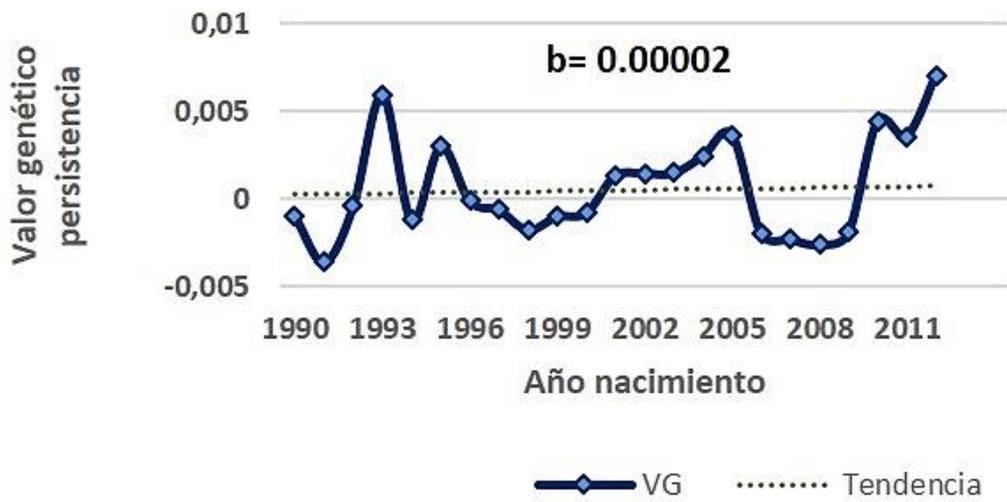


Figura 4: Tendencia fenotípica pico

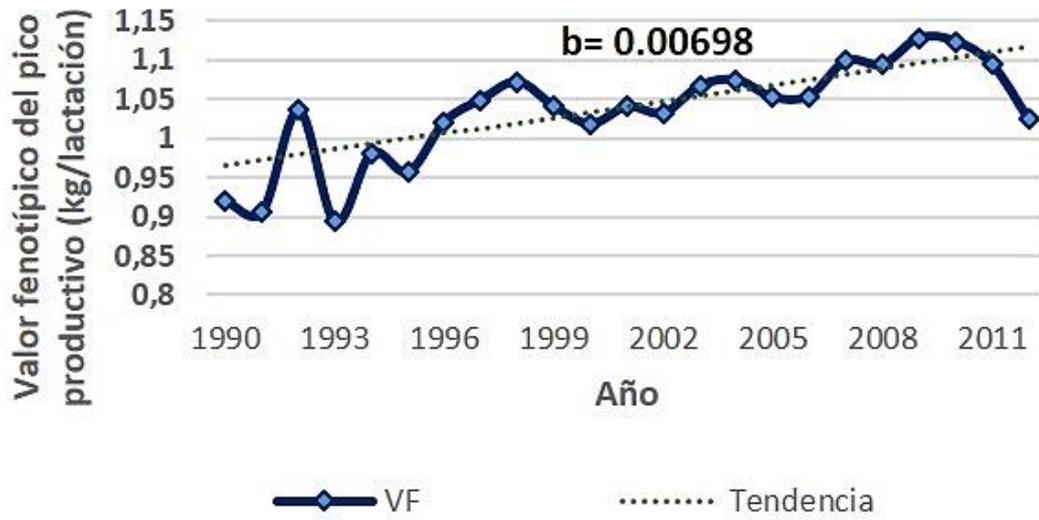


Figura 5: Tendencia fenotípica rendimiento

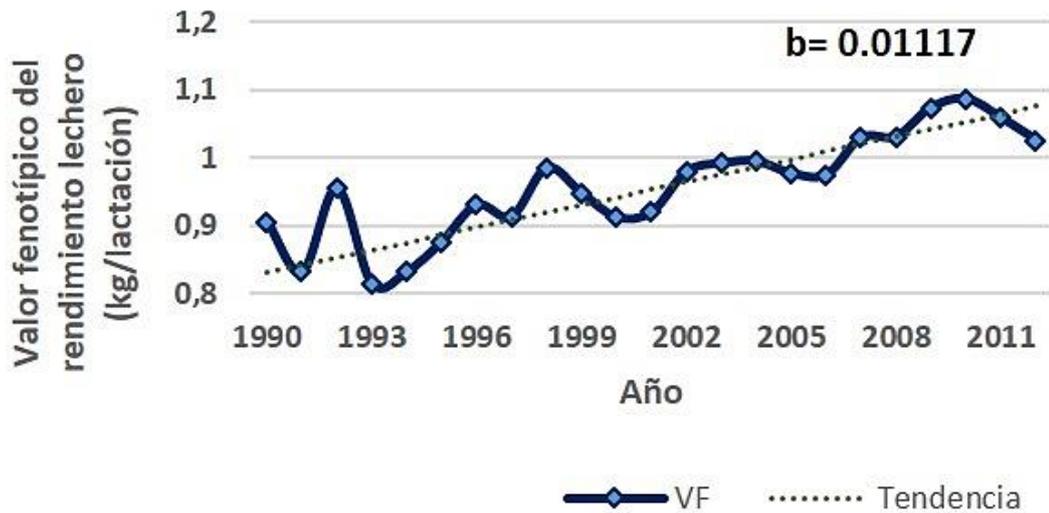
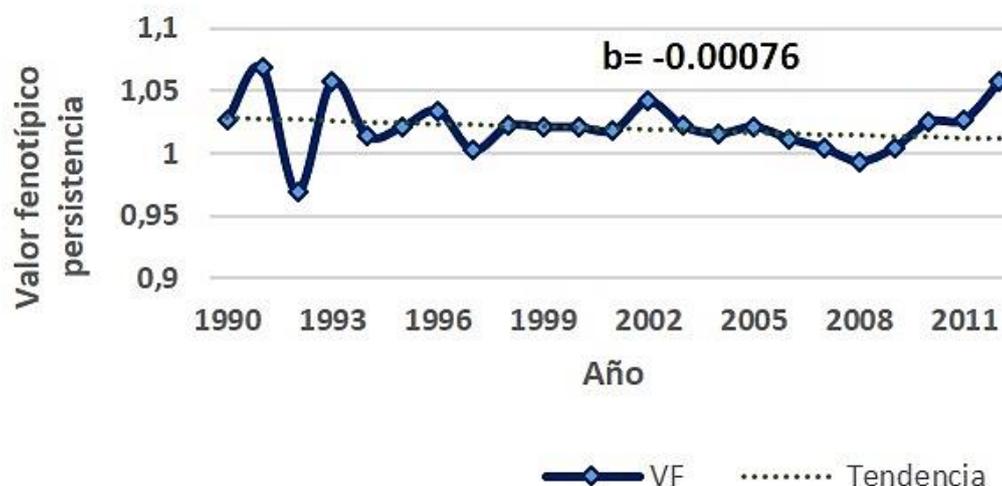


Figura 6: Tendencia fenotípica persistencia

Las TG para PP y RL a lo largo de los años analizados (1990 a 2012) mostraron un comportamiento irregular con presencia de intervalos de crecimiento y decrecimiento (Figuras 1 y 2), pero siguiendo una línea de tendencia ascendente con coincidencias en sus picos en los años 1992, 1996, 2004 y 2009. Para estos mismos caracteres, en las TF (Figuras 4 y 5), se muestran líneas de tendencia ascendente, también con fluctuaciones de los intervalos de ascenso/descenso regulares y consistentes (picos prominentes coincidentes en los años 1992 y 1998).

La TG para el carácter P muestra un comportamiento irregular con presencia de intervalos de crecimiento, decrecimiento y picos prominentes en los años 1993, 1995, 2005, 2010 y 2012, a diferencia del comportamiento de los otros caracteres que muestran una línea de tendencia estacionaria (Figura 3).

En particular, se observó una TG positiva PP y RL, así como desviaciones irregulares de la linealidad (Figura 1 y 2). El incremento para estos caracteres fue significativo ($P < 0.05$) con un b de 0.00071 kg/año y de 0.00114 kg/año para PP y RL, respectivamente. De forma similar, la estima de TG para la P también fue positiva presentando picos prominentes (1993, 1995, 2005, 2010 y 2012) y declives notorios (1992, 1998, 2006 a 2009), mostrando fluctuaciones irregulares entre sí con un incremento no significativo ($P > 0.05$) y b con valor 0.0000219 unidades/año con una línea de tendencia estacional (Figura 3).

La dirección de TF para PP y RL, si bien muestra una línea de tendencia ascendente, también las fluctuaciones de los intervalos de ascenso/descenso se muestran regulares y consistentes por la proximidad entre puntos (picos prominentes coincidentes se dan en los años 1992 y 1998) y línea de tendencia (Figuras 4 y 5). Por otra parte, TF de P (Figura 6) fue descendente donde las fluctuaciones de los intervalos de ascenso y descenso se

muestran regulares, consistentes en el tiempo con presencia de picos en los años 1991, 1993, 2002 y 2012.

Consecuentemente, las TF fueron positivas para el PP y RL presentando un incremento significativo ($P < 0.05$) en el promedio de las TF para estos caracteres, donde se estimó b con valor 0.0069821 kg/año y de 0.0111697 kg/año, respectivamente (Figuras 4 y 5). No obstante, aunque la estima de TF para P fue negativa observándose fluctuaciones regulares con una disminución significativa ($P < 0.05$) y b con valor de -0.0007629 unidades/año (Figura 6); se aprecia también un ligero incremento en esta tendencia desde el año 2009, mismo que se estabiliza durante el 2010 mostrando un ascenso desde el año 2011. El análisis de TA para P indica una influencia negativa, aunque no significativa ($P > 0.05$ con b de -0.00000293 unidades/año).

Discusión

Las estimaciones de las TG sirven para monitorizar y evaluar la eficiencia de los programas de selección⁽¹⁶⁾. La evaluación de la TG de caracteres lácteos da una indicación de la dirección del vector de selección de la raza, así como de la tasa de mejora genética debida a la aplicación del programa de mejoramiento⁽¹⁷⁾. A su vez, es importante para proveer a los mejoradores de información para desarrollar programas de selección más eficaces⁽⁵⁾.

En este estudio, las estimaciones directas de la TG indicaron que hubo una mejora genética significativa y positiva en todos los rasgos estudiados a excepción del carácter de P, indicando que la selección fue efectiva, tanto en el periodo que se basó en la selección masal (1990-1999), como cuando lo fue con información familiar (1999-2012). Por tanto, esta información pudiera ser útil respecto a la evaluación de esfuerzos previos para mejorar y preservar el potencial genético de esos caracteres, así como para determinar las próximas estrategias y el trabajo futuro en la población de cabras MG.

Una importante consideración es que este es el primer estudio donde son evaluados en conjunto los caracteres de PP, RL y P, siendo el RL un carácter objeto de selección para la raza de forma rutinaria; mientras que el PP y P son caracteres candidatos para su posible inclusión en el esquema de selección. Los resultados indican que, en los 22 años analizados los caracteres de PP y RL presentaron un comportamiento similar y de tendencia ascendente; mientras que el carácter de P se mostró de estacionario a decreciente, reforzando el planteamiento de que altas producciones van en detrimento de la P.

Los resultados de la presente investigación sugieren globalmente que, tanto las TG como TF, para los tres caracteres (PP, RL y P), indicaron un comportamiento irregular, teniendo intervalos de crecimiento y decrecimiento fluctuantes más notorios en los años previos a 1999, justificado porque la selección que se ejercía hasta ese año se basaba en los fenotipos de los animales (selección masal). Sin embargo, es a partir de 1999 cuando las

tendencias de los VG medios anuales para los caracteres PP y RL presenten una evolución más constante-positiva, siendo consistente con el año donde se marcaron las directrices de trabajo para el esquema de selección de sementales caprino de aptitud lechera de raza MG⁽⁴⁾, basados en información familiar y estimaciones BLUP, según las directrices publicadas en la Resolución de 12 de mayo de 1999 del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Además, los puntos de referencias de los VG medios se encuentran más próximos a la línea de tendencia, que presentaron picos prominentes en los años 2004, 2009 y declives notorios en los años 2005, 2006, 2011 y 2012, según MURCIGRAN⁽⁴⁾, podrían estar relacionadas con la incorporación de animales al esquema de selección procedentes de ganaderías externas al núcleo selectivo en los años mencionados.

Las TG tanto para PP y RL tienen un recorrido en simultáneo paralelo, donde los picos prominentes se hacen presentes en años anteriores a 1999; y el declive más notorio se hace presente en el 2012. Al respecto en diciembre del 2011 se llega a un acuerdo para fusionar, en forma oficial las asociaciones de CAPRIGRAN y ACRIMUR en MURCIGRAN⁽⁴⁾, conllevando a gestionar un solo Libro Genealógico y por ende los datos y/o registros de los mismos, lo cual justificaría el declive notorio entre los años 2011 y 2012 tanto en las TG como TF.

La TG para P a pesar de presentar picos prominentes (1993, 1995, 2005, 2010 y 2012) y declives notorios (1992, 1998, 2006 a 2009) además de alternantes e irregulares entre sí; muestra una línea de tendencia estacional positiva. En tanto, la TF se aprecia una línea de tendencia decreciente discreta apreciándose picos menos prominentes en los años 1991, 1993, 2002 y 2012.

Esta información refuerza la idea de prestar atención a este carácter y su comportamiento en conjunto con otros por su impacto directo en las curvas de lactación, alargar la P permitiría aplanar la parte en declive de la curva de lactancia o al menos mitigar los picos críticos que afectan el sistema inmunológico (relación antagónica entre los rasgos de producción lechera y resistencia a las enfermedades) promoviendo una lactancia más eficiente con beneficios considerables como evitar riesgos en la salud del animal y los costos asociado^(18,19).

Al respecto, estudios específicos en caprino lechero concluyen que el realizar selección de animales por P como criterio y unido al valor del pico de lactancia es posible, sin alterar la cantidad de leche total⁽²⁰⁾, y con ello llegar incluso a modificar genéticamente la curva de lactación⁽¹⁹⁾. Por ello una estimación temprana de la P en lactaciones en progreso puede representar una herramienta útil tanto para la cría como para las estrategias de manejo⁽²¹⁾, especialmente en el caso de implementación de estrategias a favor de la reducción de la producción de gases de efecto invernadero derivadas en la lucha por la mitigación del cambio climático⁽²²⁾;

La estimación de estas TG sirven para evaluar los resultados del programa e informar a los criadores de las decisiones de selección tomadas, permitiendo hacer los ajustes

necesarios para optimizar el progreso genético de cada población⁽²³⁾; por tanto, los resultados obtenidos de esta evaluación permitirán proponer la incorporación del carácter P al programa de mejora.

Finalmente, señalar que, de forma general, los fenotipos y los valores de cría para los caracteres de PP y RL se ven claramente incrementadas en el periodo estudiado; sin embargo, en contraste el carácter de P si bien genéticamente se mostró estacionario, fenotípicamente se aprecia un decremento, sugiriendo su justificación a factores ambientales, como una modificación del manejo. Estudios referidos al respecto indican que el ambiente no modifica de forma directa la constitución genética del individuo, pero sí determina la extensión con que se expresa y el potencial genético de los animales, mismo que se expresará en la medida que las condiciones ambientales lo permitan⁽²⁴⁾.

Conclusiones e implicaciones

El análisis global de las TG y TF para los caracteres analizados demostró variaciones dinámicas irregulares con intervalos de crecimiento, decrecimiento y picos en puntos determinados a lo largo del periodo estudiado. El comportamiento genético y fenotípico de estos tres caracteres indica congruentemente que, en un periodo de 22 años, los caracteres de PP y RL presentaron un comportamiento de tendencia ascendente y magnitud similar, mientras que el carácter de P se mostró estacionario a decreciente, reforzando la idea de que altas producciones van en detrimento de la P. En todos los casos, eventos importantes en el programa de cría, como la federación de las asociaciones o la implantación de la selección familiar, dejaron su huella en las tendencias. Estos hallazgos permitirán informar a los criadores del comportamiento de estos caracteres y ponerle a consideración incorporar la P en el esquema de selección.

Agradecimientos y conflicto de interés

Los autores agradecen a la Federación Española de Criadores de Caprino, Raza Murciano-Granadina (MURCIGRAN). Un agradecimiento especial para MsC. Bolívar Samuel Sosa Madrid por sus valiosos aportes al manuscrito. No existe conflicto de interés.

Literatura citada:

1. Adewumi OO, Oluwatosin BO, Tona GO, Williams TJ, Olajide OO. Milk yield and milk composition of Kalahari Red goat and the performance of their kids in the humid zone. Arch Zootec 2017; 66:587-592.

2. FAO. Producción y productos lácteos: pequeños rumiantes. 2018. <http://www.fao.org/agriculture/dairy-gateway/produccion/pequenos-rumiantes/#3>. Consultada: 25 Feb, 2018.
3. Delgado JV, Landi V, Barba CJ, Fernández J, Gómez MM, Camacho ME, *et al.* Murciano-Granadina Goat: A Spanish local breed ready for the challenges of the twenty-first century. Simões J, Gutiérrez C. editors. In: Sustainable goat production in adverse environments: Volume II. Springer International Publishing; 2017:205–219.
4. MURCIGRAN. Federación Española de Criadores de Caprino de Raza Murciano-Granadina. La raza Murciano-Granadina - Historia. <http://www.murcigran.es/la-raza-murciano-granadina/3-historia>. Consultada 5 Abr, 2017.
5. Khojastehkey M, Aslaminejad AA. Study of the environmental, genetic and phenotypic trends for pelt traits and body weight traits in Zandi sheep. *J Appl Anim Res* 2013;41:356–361.
6. Kuthu ZH, Javed K, Babar ME, Sattar A, Abdullah M. Estimation of genetic parameters for pre-weaning growth traits in Teddy goats. *J Anim Plant Sci* 2017;27:1408–1414.
7. Filho KE, Silva L, Alves R, Figueiredo GR. Tendência genética na raça Gir. *Pesqui Agropecu Bras* 2000;35:787–791.
8. Abdallah JM, McDaniel BT. Genetic parameters and trends of milk, fat, days open, and body weight after calving in North Carolina Experimental herds. *J Dairy Sci* 2000;83:1364–1370.
9. ICAR. International Committee for Animal Recording Rome, Italy;1990. <http://www.icar.org/>
10. León JM, Macciotta NPP, Gama LT, Barba C, Delgado JV. Characterization of the lactation curve in Murciano-Granadina dairy goats. *Small Ruminant Res* 2012;107:76–84.
11. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. R-project; 2014. <https://www.r-project.org/>.
12. Macciotta NPP, Dimauro C, Steri R, Cappio-Borlino A. Mathematical modelling of goat lactation curves. In: Antonello Cannas G, Pulina A, editors. Dairy goats feeding and nutrition. Sassari: CAB International; 2008:31–46.
13. Mrode RA. Linear models for the prediction of animal breeding values. 3th ed. Hulbert S, Povey L, editors. Malta; 2014.

14. Boldman KG, Kriese LA, Van Vleck LD, Van Tassel CP, Kachman SD. A manual for use of MTDFREML. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances (DRAFT). Lincoln, NE: USDA. ARS. 1995.
15. Henderson CR. A simple method for computing the inverse of a numerator Relationship matrix used in prediction of breeding values. *Biometrics* 1976;32:69-83.
16. Montaldo H, Almanza A, Juárez A. Genetic group, age and season effects on lactation curve shape in goats. *Small Ruminant Res* 1997; 24:195–202.
17. Bosso NA, Cissé MF, van der Waaij EH, Fall A, van Arendonk JAM. Genetic and phenotypic parameters of body weight in West African Dwarf goat and Djallonké sheep. *Small Ruminant Res* 2007; 67:271–278.
18. Capuco AV, Ellis SE, Hale SA, Long E, Erdman RA, Zhao X and Paape MJ. Lactation persistency: insights from mammary cell proliferation studies. *J Anim Sci* 2003;81 Suppl 3:1831.
19. Jakobsen JH. Genetic correlations between the shape of the lactation curve and disease resistance in dairy cattle [Doctoral tesis]. Copenhagen, Denmark: The Royal Veterinary and Agricultural University; 2000 <http://www.forskningsdatabasen.dk/en/catalog/>
20. Pala A, Savas T. Persistency within and between lactations in morning, evening and daily test day milk in dairy goats. *Arch Anim Breed* 2005;48:396–403.
21. Macciotta NPP, Dimauro C, Rassu SPG, Steri R, Pulina G. The mathematical description of lactation curves in dairy cattle. *Ital J Anim Sci* 2011;10(4): e51.
22. Broucek J. Methane abatement strategies based on genetics and dietary manipulation of ruminants: a review. *Arch Zootec* 2018;67:448-458.
23. Torres-Vázquez JA, Valencia M, Castillo H, Montaldo HH. Tendencias genéticas y fenotípicas para características de producción y composición de la leche en cabras Saanen de México. *Rev Mex Cienc Pecu* 2010;1:337–348.
24. Cerón-Muñoz MF, Tonhati H, Costa C, Benavides F. Genotype and environment interaction in Colombian Holstein cattle. *Arch Latinoam Prod Anim* 2001;9:72–78.