

Efecto genético de toros usados vía inseminación artificial sobre la producción láctea de la estación experimental El Mantaro, Junín, Perú

Genetic effect of sires used via artificial insemination on dairy production at the El Mantaro experimental station, Junín, Peru

Elmer Meza R.^{1,2}, Javier Orellana C.¹, Luís Astuhamán P.¹

RESUMEN

El presente estudio tuvo por objetivo determinar la contribución del efecto genético de toros usados vía inseminación artificial sobre la producción láctea de vacas Brown Swiss de la Estación Experimental Agropecuaria El Mantaro de la Universidad Nacional del Centro del Perú, en términos de producción de leche diaria (PLD) y por campaña (PLC). Se utilizaron 112 lactaciones depuradas, procedentes de un total de 49 vacas, hijas de 7 toros Brown Swiss, estandarizadas a 305 días (PLE) y dos ordeños mediante proyección no lineal. El análisis estadístico fue realizado mediante el uso de un modelo lineal mixto, considerándose como factores fijos al número de lactación, año, estación y edad al parto de la vaca, y como factor aleatorio al efecto genético del toro. Se obtuvieron medias fenotípicas corregidas para PLD y PLC con los factores de corrección obtenidas del modelo, y predicciones de la habilidad transmisión predicha (PTA) de los toros evaluados y sus respectivas precisiones. Las medias fenotípicas corregidas tuvieron un rango de 9.39 ± 0.62 kg a 12.18 ± 0.87 kg para PLD y de $3\ 218.8 \pm 40.2$ kg a $4\ 690.4 \pm 54.6$ kg para PLC, mientras que el PTA de los toros oscilaron entre -2.82 a 1.98 kg/día para PLD y de -

¹ Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional del Centro del Perú, Junín, Perú

² E-mail: emeza@uncp.edu.pe; <https://orcid.org/0000-0002-7351-0840>

Recibido: 28 de septiembre de 2020

Aceptado para publicación: 24 de marzo de 2021

Publicado: 23 de junio de 2021

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

841.55 a 630.33 kg/campaña para PLC, registrándose niveles de precisión del 58.87 al 78.34%. Los resultados evidencian un importante diferencial en el nivel genético de los toros evaluados y el potencial uso de algunos para contribuir con el aumento de la producción láctea de la zona de estudio.

Palabras clave: toros, modelo mixto, efecto aleatorio, habilidad transmisora predicha, fenotipo corregido

ABSTRACT

The present study aimed to determine the contribution of the genetic effect of bulls used via artificial insemination on the dairy production of Brown Swiss cows from the El Mantaro Agricultural Experiment Station of the National University of Central Peru, in terms of daily milk production (PLD) and by lactation (PLC). In total, 112 lactations were used, from a total of 49 cows, daughters of 7 Brown Swiss bulls, standardized to 305 days (PLE) and two milking by non-linear projection. The statistical analysis was carried out by using a mixed linear model, considering as fixed factors the number of lactations, year, season and age at calving of the cow, and as a random factor the genetic effect of the bull. Corrected phenotypic means were obtained for PLD and PLC with the correction factors obtained from the model, and predictions of the predicted transmission ability (PTA) of the evaluated bulls and their respective precisions. The corrected phenotypic means ranged from 9.39 ± 0.62 kg to 12.18 ± 0.87 kg for PLD and from $3\ 218.8 \pm 40.2$ kg to $4\ 690.4 \pm 54.6$ kg for PLC, while the PTA of the bulls ranged from -2.82 to 1.98 kg/day for PLD and from -841.55 to 630.33 kg/lactation for PLC, registering precision levels of 58.87 to 78.34%. The results show an important differential in the genetic level of the bulls and the potential use of some to contribute to the increase in milk production in the study area.

Key words: bulls, fixed effect, random effect, breeding value, corrected phenotype

INTRODUCCIÓN

El uso de semen congelado de animales de alto mérito genético mediante inseminación artificial constituye uno de los procedimientos más utilizados a nivel mundial para impulsar la mejora genética de los rebaños vacunos (Silva y Pimentel, 2017). En el Perú, así como en la Región Junín, la inseminación artificial con semen congelado procedente de toros nacionales e importados aun continúa siendo el método más eficaz y de bajo costo para promover la mejora genética de los va-

culos lecheros de las razas Brown Swiss y Holstein, así como de otras razas como la Jersey y Simental (Pallette, 2001).

A nivel del rebaño de Brown Swiss de la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) El Mantaro, Junín, se ha venido evidenciando un mayor interés hacia el uso de semen congelado de origen importado. Dicha situación ha generado controversia de que, si dicho material genético está repercutiendo de manera favorable sobre la producción láctea del rebaño, dado su mayor costo con relación al semen de origen nacional.

Actualmente se disponen de procedimientos eficaces para valorar y predecir el efecto y mérito genético de los animales usados como reproductores y cuantificar su contribución sobre la mejora de los atributos de interés económico, como resulta ser la producción de leche (Gómez y Pérez, 2005; Uribe, 2015). Los modelos lineales mixtos resolutos sobre la base del método de la máxima verosimilitud restringida (REML) y el uso de predictores lineales con propiedades insesgadas resultan ser eficaces para analizar la incidencia de los efectos fijos y aleatorios, así como para estimar factores de corrección y predecir en simultáneo los efectos aleatorios derivados de la contribución genética de los animales (Gianola, 2001; Gutiérrez, 2010; Mrode, 2014). La eficacia de estas técnicas estadísticas dependerá de la calidad y consistencia de la información productiva y genealógica disponible, además de la destreza y capacidad del personal técnico para sistematizar y acondicionar los datos y demás gastos computacionales (Bourdon, 1997; Gianola, 2001; Mrode, 2014).

El objetivo del presente estudio fue valorar y cuantificar la contribución genética diferencial de los toros usados vía inseminación artificial sobre la producción láctea del rebaño de vacunos de la EEA El Mantaro.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 112 registros de lactación de 49 vacas Brown Swiss Puras por Cruce, hijas de siete toros importados usados vía semen congelado, pertenecientes al rebaño de vacunos de la EEA El Mantaro de la Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP), y recabados entre 2015 y 2019. Esta base de datos fue el resultado de la depuración y análisis de consistencia de un total de 184 lactaciones, habiéndose eliminado registros de lactaciones que tuvieron una duración inferior a 150 o superior a 420 días.

Los registros de producción de leche fueron estandarizados a 305 días y dos ordeños (PLC305d) mediante interpolación no lineal y el uso de factores de proyección (Wiggans y Van Vleck, 1979; Cerón *et al.*, 2003). El análisis de incidencia de los efectos fijos (número de lactación, año-estación y edad al parto) y aleatorios (efecto genético del toro) se realizó mediante el método de Máxima Verosimilitud Restringida (REML) desarrollada por Boldman *et al.* (1993) y sobre la base de un modelo lineal mixto: $y_{ijkl} = \mu + L_i + b_1(x_j - x) + b_2(x_j - x)^2 + A_k + E_l + G_m + e_{ijklmn}$

donde:

y_{ijklm} = Valor observado (PLC, PLD) en la n-ésima vaca del m-ésimo toro, con l-ésima época de parto y k-ésimo año, y con el i-ésimo número de lactación.

μ = Media general

L_i = Efecto de la i-ésima época de parto

X_j = Efecto de la edad de la j-ésima vaca al parto

X = Media de edades de las vacas al parto

b_1 y b_2 = Coeficiente de regresión lineal y cuadrática de la PLC y PLD en función de la edad de la vaca al parto (meses).

A_k = Efecto del k-ésimo año de parto de la vaca

E_l = Efecto del l-ésima época de parto de la vaca

G_m = Efecto aleatorio del m-ésimo toro

e_{ijklmn} = Efecto aleatorio residual (micro-ambiente)

El procesamiento de la información se efectuó a través del procedimiento MIXED del software SAS (System Analysis Statistical) v. 9.2

La estimación de los factores de corrección de los efectos fijos de incidencia significativa ($p < 0.05$), y la predicción de los efectos genéticos aditivos de los toros fue realizada mediante el uso de un predictor lineal con propiedades insesgadas (BLUP) en un modelo padre (Gutiérrez, 2010), teniendo

como soporte informático al software PEST v. 3.1 (Groeneveld *et al.*, 1998) y VCE4 v. 2.5 (Groeneveld, 1998). Las medias fenotípicas corregidas para PLD y PLC fueron obtenidas luego de corregir los datos productivos con los factores multiplicados obtenidos mediante BLUE (Mejor estimador lineal insesgadas), y posteriormente agrupados teniendo como criterio de clasificación a los toros evaluados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Medias Fenotípicas Corregidas

En el Cuadro 1 se observa que la PLD y PLC corregida registran un valor medio de 10.6 kg/día y 3 893.0 kg/campaña, respectivamente, siendo similar (10.12 kg/día y 3 788.41 kg/campaña) a lo reportado por Cruz (2016) en vacas de 1 a 4 partos, y por Quispe *et al.* (2016) en vacas criadas en condiciones de altiplano (10.2 kg/día y 3 279 kg/campaña), pero inferior (6117 kg/campaña) a lo señalado por Vallone *et al.* (2014) en vacas primerizas. Asimismo, a nivel de PLD y PLC clasificados según nombre del toro, se evi-

dencia un importante diferencial entre las medias fenotípicas corregidas, cuyo mayor margen fue de 2.79 kg/día y de 1471.6 kg por campaña, respectivamente, la misma que fue atribuido a la diferencia registrada entre el mejor y el peor toro resultante de la evaluación.

La contribución genética del mejor toro para favorecer el incremento de la producción láctea de la EEA en términos de PLD y PLC podría traducirse con respecto a sus respectivas medias en 1.58 kg/día y 797.4 kg/campaña, resultando ser desfavorable a nivel del último toro del ranking, a razón de su desventajosa contribución respecto a los demás toros evaluados, la misma que se estima en -1.21 kg/día y -674.17 kg/campaña, respectivamente. Por tanto, habiéndose realizado la corrección de la PLC305d con los efectos fijos de incidencia significativa (número de lactación, año y edad al parto), las diferencias observadas se interpretarían como un resultado del efecto genético de los toros evaluados, poniéndose en evidencia una importante contribución de índole genético de algunos toros para favorecer la mejora de la producción láctea de la zona en referencia, así como el desmérito de otros.

Cuadro 1. Medias fenotípicas corregidas para producción de leche diaria (PLD) y por campaña (PLC) de las vacas hijas de los toros usados en la EEA El Mantaro

Toro	Hijas (n)	PLD (kg)			PLC (kg)		
		MFC ¹	EE ¹	R ¹	MFC ¹	EE ¹	R ¹
Ranger	10	12.18	0.87	1.82	4,690.4	54.6	524.6
Cadence	5	11.51	1.42	2.21	4,389.2	87.3	678.6
Get Carl	3	11.34	1.17	1.43	4,199.9	73.4	487.2
Bush	6	10.19	0.79	0.94	3,724.1	49.6	395.8
Carter	6	10.03	0.41	1.34	3,641.3	34.0	410.6
Eros	10	9.57	0.64	1.92	3,387.2	39.2	482.4
Get Lucky	9	9.39	0.62	1.34	3,218.8	40.2	390.7

¹ MFC: Media del fenotipo corregido; EE: Error Estándar; R: Rango

Cuadro 2. Habilidad transmisora predicha y niveles de precisión para producción de leche diaria y por campaña de los toros usados en la EEA El Mantaro

Nombre del toro	Nº de hijas	PLD (kg)		PLC (kg)	
		PTA ¹	PE ¹ (%)	VCP ¹	PE ¹ (%)
Ranger	10	1.98	78.3	630.3	78.3
Cadence	5	1.36	65.4	427.1	65.4
Get Carl	3	1.28	58.9	391.2	58.9
Bush	6	0.39	67.3	118.8	67.3
Carter	6	-0.68	67.3	-205.4	67.3
Eros	10	-1.58	78.3	-439.2	78.3
Get Lucky	9	-2.82	75.4	-841.6	75.4

¹ PTA: Habilidad transmisora predicha; PE: Precisión estimada

Estos resultados estarían poniendo de manifiesto la necesidad de discernir y validar el material genético criopreservado a ser adquirido y diseminado en un determinado rebaño, sobre todo cuando las condiciones ambientales y de manejo difieren respecto a sus lugares de origen. Este aspecto, comúnmente denominado interacción genotipo ambiente (Cerón *et al.*, 2001; Gutiérrez, 2010; Hernández *et al.*, 2016), sería una de las principales razones que sustentarían el orden de mérito obtenido a nivel de los toros evaluados, por lo que no sería del todo prudente afirmar la existencia de superioridad genética de unos frente a otros. En todo caso, a fin de optimizar la confiabilidad de los resultados y su interpretación, se tendrían que realizar estimaciones de los efectos de interacción genotipo ambiente, siendo para ello necesario el uso de procedimientos metodológicos y modelos de ajuste de datos más complejos a los usados en el presente estudio.

Efecto Genético de Toros

El Cuadro 2 muestra los valores genéticos predichos para los caracteres de PLD y PLC a nivel de los toros evaluados, y ex-

presados como habilidades de transmisión predichas (PTAs), así como el nivel de precisión de su estimación. Dichas predicciones genéticas oscilan entre -2.82 a 1.98 kg/día para PLD, y de -841.6 a 630.30 kg/campaña para PLC, con niveles de precisión que fluctúan entre 58.87 a 78.34%. Estos resultados difieren con los PTAs de -223.88 a 419.88 kg/campaña reportados por Melo *et al.* (2016) en toros Brown Swiss en condiciones de sierra alta; siendo inferiores a los PTAs de toros Brown Swiss americanos y toros jóvenes de origen nacional referidos por Pallette (2001), además de registrar niveles de precisión por encima del 90%.

Los valores de cría predichos encontrados en el presente estudio pondrían de manifiesto la existencia de un importante y significativo diferencial en el nivel genético entre los toros evaluados y usados en la EEA, pudiendo ser de gran utilidad para validar, decidir el cambio o persistir con el uso de algunos toros, o en su defecto evaluar la posibilidad de usar semen de procedencia nacional debido a su menor costo, con relación a los de origen importado. Al margen de ello, los resultados del estudio sugieren que la contribu-

ción genética del mejor toro se vea reflejado en un incremento de la producción láctea, estimada en 1.0 kg/día o 315.15 kg/campaña, respecto al promedio del rebaño y en la generación correspondiente al desempeño productivo de su descendencia.

Los efectos genéticos de los mejores toros Brown Swiss evaluados, comparativamente a otros grupos raciales, resultan ser superiores a lo encontrado por Santellano *et al.* (2008) en toros criollos lecheros criados en condiciones de trópico, pero inferiores a lo reportado por Arango y Echeverri (2014) en toros Holstein y Jersey colombianos, y por Jamrozik *et al.* (1997) en toros Holstein canadienses.

Los resultados del presente estudio no pretenden ser concluyentes en cuanto a las diferencias genéticas observadas y en el orden de mérito establecido, así como desmerecer el potencial de uso de algunos de los toros evaluados a nivel de otras realidades ganaderas. El contexto agroecológico de crianza, las condiciones ambientales y de manejo propios de cada rebaño donde serían introducidos y diseminados, así como la inclusión de los efectos de interacción genotipo ambiente y demás efectos aleatorios no contemplados en el modelo de valoración genética utilizado en el presente estudio, podrían ofrecer otra connotación y perspectiva en los resultados obtenidos.

CONCLUSIONES

- La Habilidad transmisora predicha (PTA) de los toros evaluados registró un rango de -2.82 a 1.98 kg/día para producción de leche diaria (PLD), y de -841.6 a 630.30 kg/campaña para producción de leche por campaña (PLC) con niveles de precisión que fluctuaron entre 58.87 a 78.34%.
- Se evidencia un importante diferencial en el nivel genético de los toros evaluados, y el potencial uso de algunos para contribuir con el aumento de la producción láctea en la zona de estudio.

- Las diferencias genéticas observadas y el orden de mérito establecido en desmedro de algunos toros evaluados no pretenden ser del todo concluyentes para desmerecer sus posibilidades de uso para contribuir con la mejora de la producción láctea de otras realidades ganaderas, u otros atributos de interés económico.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la EEA El Mantaro de la UNCP por el acceso a la información y demás recursos brindados, así como al Instituto Especializado de Investigación de la Facultad de Zootecnia (IEIFZ) por el estímulo ofrecido para concretar este estudio.

LITERATURA CITADA

1. **Arango J, Echeverri JJ. 2014.** Asociación del valor genético del toro con caracteres productivos en vacas lecheras en Colombia. Arch Zootec 63: 227-237. doi: 10.4321/S0004-0592201400-0200001
2. **Boldman KG, Kriese LA, Van Vleck LD, Kachman SD, Boldman KG, van der Schans CP. 1993.** A manual for the use of MTDFREML: A set of programs to obtain estimates of variances and covariances. Lincoln, Department of Agriculture Research Service. 120 p.
3. **Bourdon RM. 1997.** Understanding animal breeding. New Jersey, USA: Prentice Hall. 523 p.
4. **Cerón M, Tonhati H, Costa C, Benavides O. 2001.** Interacción genotipo-ambiente en ganado Holstein colombiano. Arch Latinoam Prod Anim,9: 74-78.
5. **Cerón M, Tonhati H, Costa C, Solarte C, Benavides O. 2003.** Factores de ajuste para producción de leche en bovinos Holstein colombiano. Rev Col Cienc Pec 16: 26-32.

6. **Cruz D. 2016.** Repetibilidad de la producción lechera y duración de lactación en vacas Brown Swiss de la E.E.A. El Mantaro- UNCP. Jauja- Junín. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Huancayo, Perú: Univ. Nacional del Centro. 51 p.
7. **Gianola D. 2001.** Los métodos estadísticos en el mejoramiento genético. University of Wisconsin-Madison, USA. [Internet]. Disponible en: http://blog.utp.edu.co/genetica/files/2015/09/genetic_improvement.pdf
8. **Gómez M, Pérez G 2005.** Alternativas para seleccionar toros: ventajas y limitación. En: González-Stagnaro C, Soto-Belloso E (eds). Manual de ganadería doble propósito. Maracaibo, Venezuela: Astro Data. p 100-105.
9. **Groeneveld E. 1998.** VCE4.2.5 User's guide and reference manual. v 1.1. Institute of Animal Husbandry and Animal Behavior. Mariensee, Federal Agricultural Research Center, Germany.
10. **Groeneveld E, Kovac M, Wang T. 1998.** Multivariate prediction and estimation (PEST). v 3.1. Department of Animal Sciences, University of Illinois.
11. **Gutiérrez JP. 2010.** Iniciación a la valoración genética animal. Metodología adaptada al EEES. España: UCM Ed Complutense. 355 p.
12. **Hernández-Hernández N, Martínez-González J, Parra-Bracamonte G, Cienfuegos-Rivas E. 2016.** Importancia de la interacción genotipo x ambiente en rasgos de producción en ganado lechero. Ciencia UAT 10: 72-78.
13. **Jamrozik JL, Schaeffer R, Dekkers JCM. 1997.** Genetic evaluation of dairy cattle using test day yields and random regression model. J Dairy Sci 80: 1217-1226.
14. **Melo MI, Apaza EZ, Málaga JA. 2016.** Valores de cría (BVPs) para producción de leche de vacas Brown swiss del CIP Chuquibambilla UNAP. Rev Cienc Anim 1(1): 13-19.
15. **Mrode R. 2014.** Linear model for the prediction of animal breeding value. 3rd ed. Edinburgh, UK: CABI. 343 p.
16. **Pallete A. 2001.** Evaluación y selección de toros lecheros. Rev Inv Vet Perú 12: 150-160.
17. **Santellano-Estrada E, Becerril-Pérez CM, de Alba J, Chang JM, Gianola D, Torres-Hernández G, Ramirez-Valverde R. 2008.** Inferring genetic parameters of lactation in tropical milking criollo cattle with random regression test-day models. J Dairy Sci 91: 4393-4400. doi: 10.3168/jds.2007-0351
18. **Quispe J, Belizario C, Apaza E, Maquera Z, Quisocala V. 2016.** Desempeño productivo de vacunos Brown Swiss en el altiplano peruano. Rev Invest Altoandinas 18: 411-422. doi: 10.18271/ria.2016.216
19. **SAS Institute. 2000.** The SAS system for Windows, user's guide. Statistic v. 8.0. Cary, NC: Edition SAS Inst.
20. **Silva MAM, Pimentel LA. 2017.** Mejoramiento genético en bovinos a través de la inseminación artificial y la inseminación artificial a tiempo fijo. RIAA 8: 247-259.
21. **Uribe H. 2015.** Valores genéticos y genómicos en mejoramiento lechero. Departamento de producción animal. Chile. [Internet]. Disponible en: http://www.uchile.cl/documentos/valores-geneticos-y-genomicos-en-mejoramiento-lechero_58311_28_1007.pdf
22. **Vallone R, Camiletti E, Exner M, Mancuso W, Marini P. 2014.** Análisis productivo y reproductivo de vacas lecheras Holstein, Pardo Suizo y sus cruces en un sistema a pastoreo. Rev Vet 25: 40-44.
23. **Wiggans GR, Van Vleck LD. 1979.** Extending partial lactation milk and fat records with a function of last-sample production. J Dairy Sci 62: 316-325.