

Estimación de parámetros genéticos para producción de leche en el día de control y a los 305 días en primeras lactancias de vacas Lucerna

J L López Martínez, J H Quijano Bernal y L G González Herrera

Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de Investigación en Biodiversidad y Genética Molecular - BIOGEM, Carrera 65 # 59 A 110, AA 97, Medellín, Colombia

luggonzalezhe@unal.edu.co

Resumen

Se utilizaron registros productivos de bovinos de la raza Lucerna para estimar parámetros genéticos para producción de leche en el día de control y su asociación con la producción de leche acumulada a los 305 días de lactancia. Se determinó también, el progreso genético para cada característica, la respuesta correlacionada y la eficiencia relativa de la selección para producción de leche a los 305 días de lactancia, mediante selección directa por producción de leche en el día de control. Las estimativas de heredabilidad obtenidas por análisis bi-característico para las producciones de leche en el día de control y para la producción a los 305 días, oscilaron entre 0.09 a 0.25. Las correlaciones genéticas entre cada una de las características estudiadas fueron de magnitud alta y positiva. Estos resultados sugieren que las producciones de leche en el día control, especialmente las de los meses 5 y 7, pueden ser utilizadas como criterios de selección para producción de leche acumulada a los 305 días de lactancia en vacas Lucerna, lo cual fue igualmente evidenciado al calcular la respuesta correlacionada esperada y la eficiencia relativa de selección.

***Palabras clave:** bovino colombiano, correlación genética, eficiencia relativa de selección, parámetros genéticos, progreso genético, respuesta correlacionada*

Estimation of genetics parameters for test day and 305 day milk yield in first lactations of Lucerna cows

Abstract

Yield records from Colombian Lucerna bovines to estimate the genetic parameters for test-day milk yield and their association with 305 day milk yield. In addition, the genetic correlation between those traits was also estimated. Likewise, genetic progress was determined for each trait along with the correlated response and the selection relative efficiency for 305 day milk yield. This was done via direct selection for test-day milk yield. The heritability estimates obtained through bi-variate analysis for test day milk and 305 accumulated milk yield, ranged from 0.09 to 0.25 and the magnitude of the genetic

correlations between each trait were positive and high. These results suggest that test-day milk yield, particularly during months 5 and 7, can be used as selection criteria for 305 day milk yields in Lucerna cows. This was also proven upon calculating the expected correlated response and the relative selection efficiency.

Key words: *colombian breed, genetic correlation, selection relative efficiency, genetic parameters, genetic gain, response correlated*

Introducción

Dada la variedad de ecosistemas, Colombia se considera como un país con gran diversidad de opciones productivas, circunstancia por la cual los ganaderos, en búsqueda de razas eficientes y competitivas en cada ambiente particular, consideraron, la importación de razas bovinas no autóctonas, una necesidad. De esta forma, y en gran parte gracias al desconocimiento del ganado importado, como algo de vasta importancia e inmenso valor, se contribuyó a la desaparición de gran parte de la población de animales pertenecientes a las razas criollas colombianas.

Según la Asociación de Razas Criollas Colombianas, Asocriollo, de los 8 millones de animales presentes en el año 1840, el total correspondía a bovinos criollos que se adaptaron a las condiciones medio ambientales de Colombia (UN Periódico 2011). En la actualidad, sólo quedan 24 mil animales en todo el territorio nacional, lo que indica que más del 80% de esta población ha desaparecido con la introducción de otras razas bovinas (UN Periódico 2011). No obstante, a Colombia se le considera como el país con mayor diversidad bovina en América Latina, con recursos genéticos naturalizados de gran potencial para la producción sostenible de carne, leche y otras características de importancia económica (Martínez Correal 2010), por lo que es necesario realizar estudios que busquen demostrar la importancia económica de estos animales e intensificar programas de conservación y multiplicación de las razas criollas y colombianas.

De las razas colombianas, una de las que refleja mayor aptitud para la producción de leche en el trópico colombiano es la raza Lucerna, la cual según la Asociación Nacional de Criadores de Razas Criollas (2003) y Guevara Garay (2015), fue reconocida en el año 1983 por el Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, como una raza bovina colombiana. Esta raza se originó mediante el cruzamiento entre individuos de la raza Holstein, Shorthorn lechero y Hartón del Valle (siendo esta última una raza criolla colombiana).

Según Tonhati et al (2008), en bovinos productores de leche, como lo es la raza Lucerna, la comparación entre animales para la toma de decisiones de manejo y descarte de bovinos se realiza con base en la producción de leche a los 305 días de lactancia, siendo la misma utilizada para llevar a cabo las denominadas evaluaciones genéticas (Rodrigues de Melo, Umberto Packer, Nápolis Costa, y Fernando Machado 2005). No obstante, la utilización de la producción de leche a los 305 días de lactancia en las comparaciones entre animales, requiere del ajuste como método de extensión de la lactancia a una base de duración de 305 días (Rodrigues de Melo et al 2005; Elzo y Cerón Muñoz 2008; González Herrera, El Faro, Galvão de Albuquerque, Tonhati y Cavallari Machado 2008). Según Jakobsen et al (2002) y González Peña y Guerra (2007), el uso de registros extendidos puede causar sesgos en la evaluación genética, el cual es atribuido a la variación individual en la forma de la curva de lactancia y a la influencia de factores del ambiente temporal que resultan difíciles de ajustar en los métodos tradicionales de evaluación para las características de producción de leche. En respuesta a esto, la utilización de la producción de leche en el día de control ha sido propuesto como criterio de selección en sustitución de la producción de leche a los 305 días de lactancia (Almeida Dornelles et al 2015; Fazet et al 2018).

Al utilizar la producción de leche en el día de control se tienen como ventajas: aumentar la exactitud de las predicciones o confiabilidad de los resultados (Ptak y Schaeffer 1993; González Peña y Guerra 2007), llevar a cabo un ajuste más preciso de los efectos ambientales en cada control lechero (Rodrigues de Melo et al 2005; Bilal y Khan 2009; Fazel et al 2018; Junqueira Pereira et al 2019), y posibilitar el uso de registros de animales con lactancias en curso o parciales sin necesidad del cálculo de la producción de leche a los 305 días, , permitiendo realizar las evaluaciones genéticas de forma más temprana (Rodrigues de Melo et al 2005; Bilal y Khan 2009) y disminuyendo el costo de los programas de control lechero (Meseret y Negussie, 2017).

Son pocos y poco actualizados, los estudios publicados en la raza Lucerna (Henaó 2015; Giraldo y Viveros 2015), especialmente en lo que se refiere con el área de genética cuantitativa y mejoramiento genético animal, entre ellos los trabajos de Duran Castro et al, (2001). Por consiguiente, el estudio de los parámetros genéticos para características de producción de leche de la raza colombiana Lucerna, son indispensables para obtener mayor conocimiento de esta raza e implementar programas de mejoramiento genético, a fin de contribuir a mejorar la productividad animal y a la creación de sistemas de producción competitivos y sostenibles en las zonas donde dicha raza tiende a desarrollarse (Martínez Correal 2010; Vergara, Ossa, Cabrera, Simanca y Pérez 2016).

El objetivo de este trabajo fue estimar parámetros genéticos para producción de leche en el día de control, con el fin de verificar si estas producciones se pueden utilizar como criterio de selección para la producción a los 305 días de lactancia en vacas Lucerna.

Materiales y métodos

Se utilizaron los registros productivos de bovinos colombianos sintéticos de la raza Lucerna, procedentes de dos empresas agropecuarias: Reserva Natural El Hatico y Hacienda Lucerna. Ambas empresas se encuentran localizadas en el departamento del Valle del Cauca, en dos diferentes municipios: Cerrito y Bugalagrande.

La Reserva Natural el Hatico se encuentra a 03°27'N y 76°32'W, a 960 m sobre el nivel del mar, con temperatura promedio de 24 °C, precipitación promedio anual de 1300 mm, humedad relativa promedio anual de 80% y zona de vida correspondiente a bosque muy seco tropical (bms-T). La hacienda Lucerna está ubicada a 03° latitud norte y 76° longitud oeste, a 960 m.s.n.m, con temperatura promedio de 24 °C, precipitación promedio anual de 885 mm, humedad relativa anual de 75% y zona de vida correspondiente a bosque seco tropical (bs-T).

El manejo alimenticio de los bovinos se basa en sistemas agroforestales silvopastoriles intensivos, manejados en asociación con especies de gramíneas (*Cynodon plectostachyus*, *Panicum maximum*) y leguminosas arbóreas (*Gliricidia sepium*, *Leucaena leucacephala*, *Prosopis juliflora*) (Mahecha, Angulo y Manrique 2002).

Los registros fueron sometidos a procesos de depuración con el fin de obtener información veraz y consistente. En ambas empresas agropecuarias, los controles de producción de leche eran registrados inicialmente como un control al mes (del año 1983 al 2002). Posteriormente y hasta la fecha, dichos registros de producción son llevados a cabo cada 15 días (es decir, dos controles al mes). Por ende, dado que el método estándar de referencia es el control realizado en intervalos de cuatro semanas (ICAR 2010), se tomó la decisión de llevar a cabo el análisis como producciones de leche registrados al mes, seleccionando al azar uno de los dos controles registrados en un mismo mes para aquellos controles que fueron tomados cada 15 días. De esta forma, las producciones de leche en el día de control fueron separadas en 10 meses totalizando 10 controles.

A partir del mes en que se realizó el control de la producción de leche y el mes en el que ocurrió el parto, se crearon dos estaciones de control y de parto (estación 1 - meses de enero a marzo y de julio a septiembre; estación 2 - meses de abril a junio y de octubre a diciembre). Se formaron grupos contemporáneos con el fin de reducir sesgos debido a diferencias en el manejo y en las condiciones ambientales de los animales, de la siguiente manera: finca, año de control y estación de control para la producción de leche en el día de control y por finca, año de parto y estación de parto para la producción de leche a los 305 días.

Mediante el programa estadístico SAS (2009), se mantuvieron registros de producción de leche de primeras lactancias, bovinos con mínimo tres controles registrados, cuyo primer control fuera medido antes de los 45 días, con edades al primer parto entre 30 y 72 meses y con lactancias mayores a 220 días para la producción de leche a los 305 días, grupos contemporáneos con más de 5 observaciones para cada control y para la producción de leche a los 305 días, y se eliminaron registros de bovinos con producción de leche con tres desviaciones estándar por encima y por debajo de la media por grupo contemporáneo y con producciones mayores a 305 días de lactancia. Una vez finalizado la depuración de los registros productivos, permanecieron en la genealogía 5240 vacas con registros de primer parto, hijas de 198 toros y 3336 vacas.

El análisis descriptivo se determinó para las características producción de leche en día de control y producción de leche a los 305 días de lactancia, utilizando el procedimiento PROC MEANS (SAS 2009).

Las características fueron analizadas por medio de un modelo animal bi-característico. Por consiguiente, las estimativas de parámetros genéticos (componentes de varianza y heredabilidad) se obtuvieron como el producto de la media de todas las estimativas bi-carácter para cada característica. En el modelo de producción de leche en el día de control, fueron incluidos los efectos aleatorio genético aditivo y residual, los efectos fijos de grupos contemporáneos y, la edad de la vaca al parto (efecto lineal y cuadrático) y días en lactancia (efecto lineal) como covariables. Para la producción de leche a los 305 días fue usado el mismo modelo, excluyendo los días en lactancia y considerando la edad de la vaca al primer parto como covariable (efecto lineal y cuadrático).

Los componentes de (co)varianza fueron estimados por el método de máxima verosimilitud restringida, usando el programa MTDFREML (Boldman, Kriese y Van 1995). Con el mismo programa se estimaron los valores de heredabilidad con posterior estimación de los valores genéticos para cada bovino. El modelo propuesto para el estudio, en términos matriciales, fue:

$$Y = Xb + Za + e$$

dónde:

Y : es el vector de producción de leche en cada control lechero y para la producción de leche a los 305 días

b : es el vector de solución de efectos fijos

a : es el vector de solución de efectos aleatorios genéticos aditivos

X , Z : es la matriz de incidencia de efectos fijos y efecto aleatorio del animal, respectivamente

e : es el vector de efectos residuales aleatorios

Los supuestos en relación a las esperanzas y varianzas para el análisis bi-característico son:

$$E \begin{bmatrix} y \\ a \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Xb \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad v \begin{bmatrix} a \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G & 0 \\ 0 & R \end{bmatrix}$$

dónde:

$G = A * G_o$, siendo esta, la matriz de (co)varianzas genéticas aditivas entre las características, con la siguiente forma:

$$G_o = \begin{bmatrix} \sigma_{ai}^2 & cov_{aiaj} \\ cov_{ajai} & \sigma_{aj}^2 \end{bmatrix}$$

donde:

A : es la matriz de parentesco entre los animales

$*$: es el producto de Kroenecker entre matrices

$\sigma_{ai}^2, \sigma_{aj}^2$: son las varianzas genéticas aditivas para las características i y j

cov_{aiaj} : es la covarianza genética entre las características i y j

$R = I * R_o$: es la matriz de (co)varianzas residuales entre las características, tal que:

$$R_o = \begin{bmatrix} \sigma_{ei}^2 & cov_{eiej} \\ cov_{ejei} & \sigma_{ej}^2 \end{bmatrix}$$

I : es la matriz de identidad

$*$: es el producto de Kroenecker entre matrices

$\sigma_{ei}^2, \sigma_{ej}^2$: son las varianzas residuales para las características i y j

cov_{eiej} : es la covarianza residual entre las características i y j

El progreso genético y la respuesta correlacionada esperada fueron calculadas considerándose una intensidad de selección igual a la unidad. Las fórmulas usadas fueron representadas como:

$$\Delta G = h_1^2 i \sigma_1 \quad RC_2 = r_a h_1 h_2 i_1 \sigma_2 \quad ER = (RC_2 \div \Delta G) \times 100$$

dónde:

ΔG : es el progreso genético por selección directa para cada una de las características (producciones de leche en cada uno de los controles y producción de leche a los 305 días de lactancia)

h_1^2 : es la heredabilidad para cada una de las características

i : es la intensidad de selección para cada una de las características en unidades de desviación estándar

σ_1 : es la desviación estándar fenotípica para cada una de las características

$R_a C_2$: es la respuesta correlacionada de la producción de leche a los 305 días de lactancia cuando se selecciona directamente para la producción en el día de control

r : es la correlación genética entre las características producción de leche en el día de control y producción de leche a los 305 días de lactancia

h_1 : la raíz cuadrada de la heredabilidad de la producción de leche en el día de control

h_2 : es la raíz cuadrada de la heredabilidad de la producción de leche a los 305 días de lactancia

i_1 : es la intensidad de selección para la característica producción de leche en el día de control en unidades de desviación estándar

σ_2 : es la desviación estándar fenotípica para la característica producción de leche a los 305 días de lactancia

ER : es la eficiencia relativa de la selección

Las estimativas de los valores genéticos predichos para todos los animales (hijos, madres y padres) y toros (padres) con más de cinco progenies, fueron organizados y luego ranqueados para el cálculo de la correlación de Spearman entre la producción de leche en el día de control con la producción de leche a los 305 días de lactancia, usando el procedimiento PROC CORR del programa estadístico SAS (2009). Se aceptó como correlación estadísticamente significativa, aquella cuyo valor fuera menor al nivel de significancia

Se calculó la tendencia genética, fenotípica y ambiental. Para el cálculo de dichas tendencias, se realizó un análisis de regresión lineal de las medias de los valores genéticos y fenotípicos para la producción de leche a los 305 días de lactancia de todos los animales sobre los años de nacimiento. Los coeficientes

de regresión (, en kg/año) obtenidos para los valores genéticos y fenotípicos se interpretaron, respectivamente, como estimados de la tasa de incremento genético y fenotípico lograda a lo largo de los años, según lo descrito por Vargas Leitón y Gamboa Zeledón (2008). El incremento ambiental se estimó con base en la diferencia entre la tasa de incremento genético y fenotípico.

Resultados y discusión

La duración de lactancia promedio de las vacas que hicieron parte del estudio fue $272,2 \pm 20,5$ días. El análisis descriptivo para la producción de leche en cada uno de los controles (Tabla 1), permite visualizar que el rendimiento de la producción de leche varió de acuerdo al período o día de lactancia, describiendo una forma típica de curva de lactancia, con producción inicial de 9.97 ± 2.50 kg, con leve ascenso hasta el pico de lactancia presentado entre los días 31 a 60 (10.04 ± 2.38 kg), después del cual tendió al descenso con un ligero incremento de producción entre los días 181 a 210 de lactancia (7.13 ± 2.28 kg). Posteriormente ocurrió una disminución hasta una producción final de 5.50 ± 2.45 kg. La media de producción de leche a los 305 días de lactancia para bovinos Lucerna fue 2223.26 ± 522.42 kg, lo cual equivale a 7.30 kg/día de lactancia. El ligero incremento en la producción de leche observada en el séptimo mes, se debe posiblemente al descarte de animales con baja producción de leche o al manejo diferencial de vacas de poco desempeño productivo, ambas situaciones supuestas una vez los productores de las dos empresas agropecuarias realizan la evaluación del desempeño productivo de sus vacas a los 180 días de lactancia, lo que conduciría en dichas situaciones al aumento de la media de producción de leche.

Tabla 1. Número de observaciones (N), período de lactancia en días, media (\bar{x}), desviación estándar (SD) y coeficiente de variación (Cv) para la producción de leche en cada uno de los controles (PLDC01-PLDC10) y producción de leche acumulada al día 305 de lactancia (PLD305)

Característica	N	Período (días)	Producción de leche (kg)		
			\bar{x}	SD	Cv
PLDC01	4145	5-30	9.97	2.50	25.1
PLDC02	4179	31-60	10.04	2.38	23.7
PLDC03	4177	61-90	9.37	2.31	24.6
PLDC04	3918	91-120	8.77	2.23	25.4
PLDC05	3880	121-150	7.36	2.46	33.4
PLDC06	3614	151-180	6.76	2.52	37.3
PLDC07	3867	181-210	7.13	2.28	31.9
PLDC08	3580	211-240	6.57	2.36	35.9
PLDC09	3109	241-270	5.89	2.47	41.9
PLDC10	2281	271-30	5.50	2.45	44.7
PLD305	2106	5-305	2223	522	23.5

La media para producción de leche a los 305 días obtenida en este estudio, indica la aptitud productiva de la raza Lucerna en condiciones de trópico bajo colombiano, puesto que comparado con los resultados obtenidos por Ledic et al (2002a), Napolis Costa et al (2005), y González Herrera et al (2008), en estudios llevados a cabo en animales Gir, raza considerada de gran potencial lechero en condiciones tropicales, la raza Lucerna demostró estar por debajo (2746.17 ± 1299.90 kg) en el caso del primer estudio, o con valores similares (1973.6 ± 1039.10 y 2170.24 ± 927.11 kg) en los otros dos estudios, en comparación de la media de producción obtenida por las vacas Gir. De la misma forma, en un estudio realizado por Santos et al (2013), se observa que la

media para la producción de leche a los 305 días de lactancia en vacas Lucerna estuvo por encima a la producción media presentada por animales Guzerat (1783 ± 727 kg), siendo la misma considerada una raza que por selección ha demostrado ser buena productora lechera.

En la Tabla 1, también se observa coeficientes de variación de magnitud media y alta, lo que indica una variabilidad considerable en la forma de la curva de lactancia de los animales evaluados. Los coeficientes de variación más bajos fueron los presentados al inicio de la lactancia, debido quizás al hecho de que los animales son sometidos a un mismo manejo después del parto. Por otra parte, los coeficientes de variación más altos se presentaron al final de la lactancia (control 9 y 10), debido posiblemente a que como son vacas próximas a parir que presentan diferencias en el manejo reproductivo y en la alimentación. Otra posible explicación del por qué los mayores coeficientes de variación se observaron en el noveno y décimo control es debido a diferencias en las duraciones de lactancia entre vacas y por ende, en la producción de leche entre animales cuya lactancia está finalizando y vacas que aún les queda tiempo para que su lactancia finalice, estas últimas con mayor producción lechera.

Las mayores estimativas de heredabilidad, fueron las obtenidas para el quinto y séptimo control, con valores de 0.21 y 0.25 respectivamente, mientras que para los demás controles dicha estimativa presentó valores considerados de magnitud baja y por debajo (0.09 a 0.17) del valor presentado para la producción de leche a los 305 días de lactancia (0.23). Estos resultados permiten aducir la posibilidad de seleccionar animales tanto en el quinto como en el séptimo control, debido a que en estos dos períodos las diferencias en producción son mayormente debido a los genes aditivos que los individuos poseen y que serán transmitidos a su descendencia, por lo cual el comportamiento productivo de los padres seleccionados en dichos períodos, se verá reflejado en sus hijos.

La mayor parte de la variación fenotípica atribuible a diferencias genéticas entre los individuos de la población evaluada (mayores varianzas genéticas aditivas), ocurrieron en el quinto y séptimo control (Figura 1). Así, consecuente con lo dicho anteriormente, se da la posibilidad de promover ganancias genéticas rápidas, mediante la selección para cualquiera de estas dos características (Laureano, Bignardi, El Faro, Cardoso y Galvão de Albuquerque, 2012). En la misma figura se puede observar que las varianzas fenotípicas y residuales presentaron un comportamiento similar, disminuyendo desde el primer hasta el cuarto control, con incrementos en el sexto y décimo control.

Los valores de heredabilidad observados para la producción de leche en cada uno de los controles y para la producción de leche a los 305 días de lactancia difieren a lo encontrado por Rodrigues de Melo et al (2005) para estas mismas características en vacas de la raza Holstein, puesto que ellos encontraron que las heredabilidades a los 305 días de lactancia estimadas para la mayoría de los controles (con valores entre 0.22 a 0.36) eran mayores a la obtenida para la producción a los 305 días de lactancia (0.27). Caso contrario a lo observado por González Herrera et al (2008) en vacas Gir, quienes encontraron resultados similares a los obtenidos en este estudio, en donde solo unos pocos controles (control uno con heredabilidad de 0.34 y seis con heredabilidad de 0.33) presentaron valores de heredabilidad superiores a la heredabilidad para la producción a los 305 días de lactancia. Ledic et al (2002a) pudieron observar en un estudio realizado en animales de la raza Gir, que la estimativa de heredabilidad más alta aconteció en el primer control, con valor de 0.24, lo cual los mismos autores justifican que este resultado pudo ser debido a la estandarización del tratamiento nutricional pre y post-parto, y al ajuste de la producción de leche para el efecto intervalo parto-primer control. Este último resultado coincide con lo dicho por Laureano et al (2012), quienes mencionan que la primera mitad de la lactancia es más heredable que la segunda mitad, lo cual puede ser debido a un mejor control de las condiciones ambientales a través de la estandarización del manejo post-parto. Sin embargo, según Tonhati et al (2008) citando a Meyer, Graser y Hammond (1989), Pander, Hill y Thompson (1992) y Swalve (1995), la mayoría de los estudios indican que los rendimientos en la lactancia media son más heredables que los del inicio y final de la lactancia.

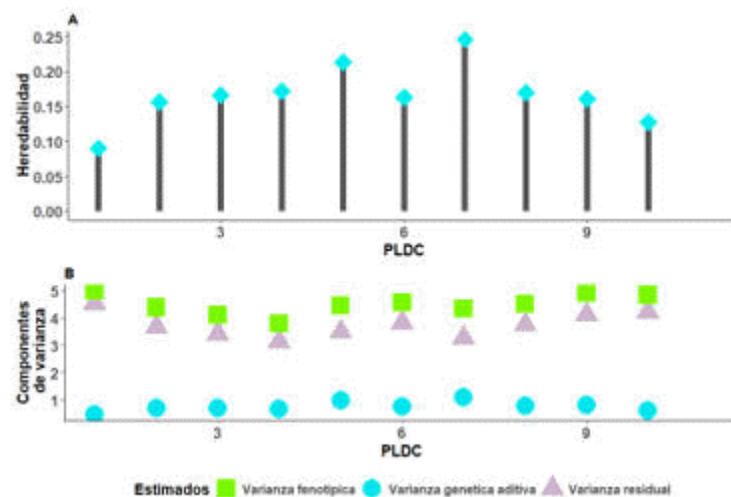


Figura 1. Estimativas de heredabilidad (A) y de componentes de varianza genética aditiva, residual y fenotípica (B), para las producciones de leche en el día de control (PLDC)

Las correlaciones genéticas entre cada una de las producciones de leche en el día de control, fueron mayores a las correlaciones fenotípicas, con valores entre 0.83 a 1.00 y 0.18 a 0.95, para la correlación genética y fenotípica respectivamente (Tabla 2). La alta correlación genética demuestra un efecto pleiotrópico de los genes sobre estas características, por lo cual al seleccionar una de las características de producción habría un cambio en las otras de forma indirecta, puesto que el animal es el que constituye la unidad de selección y no las características que se desean seleccionar (Quijano Bernal y Echeverri Zuluaga 2015). Dado los resultados presentados en la misma tabla, Cardellino y Rovira (1987), recomiendan que la asociación entre dos características sea observada a través de la correlación genética y no la fenotípica, puesto que, si bien esta última correlación es de origen genético y ambiental, la causa de correlación fenotípica observada entre dos características no es necesariamente debido a la genética. Esto es, que, aunque haya una correlación fenotípica positiva entre dos características, la selección por una de ellas no resultaría necesariamente en una ganancia genética para la otra.

Tabla 2. Correlaciones genéticas (encima de la diagonal) y fenotípicas (debajo de la diagonal) entre cada una de las producciones de leche en el día de control (PLDC)

PLDC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		1.00	1.00	0.99	1.00	0.93	1.00	0.95	1.00	0.90
2	0.65		1.00	0.98	0.91	0.83	0.92	0.89	0.94	0.97
3	0.54	0.70		1.00	0.94	0.90	0.98	0.91	0.97	1.00
4	0.46	0.61	0.70		0.99	0.95	1.00	0.96	0.95	1.00
5	0.41	0.48	0.54	0.58		0.99	1.00	1.00	1.00	1.00
6	0.29	0.40	0.47	0.52	0.70		0.99	1.00	1.00	0.98
7	0.34	0.45	0.50	0.60	0.95	0.71		1.00	1.00	1.00
8	0.29	0.38	0.45	0.50	0.69	0.95	0.71		1.00	0.99
9	0.26	0.33	0.38	0.40	0.56	0.68	0.58	0.70		1.00
10	0.18	0.23	0.33	0.29	0.44	0.55	0.45	0.58	0.70	

A diferencia de los estudios realizados por Rodrigues de Melo et al (2005), Palacios Espinosa et al (2008), Junqueira Pereira et al (2010), donde indicaban que las correlaciones genéticas entre pesajes o controles sucesivos eran mayores a la de pesajes o controles más distantes, en este estudio se pudo observar,

valores de correlaciones genéticas igual a la unidad tanto en controles próximos como en controles lejanos. Según Santos et al (2013), las correlaciones por debajo de la unidad entre algunos controles, indica que los factores genéticos y ambientales actúan de forma diferencial en distintos períodos de lactancia.

Las correlaciones genéticas entre las producciones de leche en el día de control y la producción de leche a los 305 días de lactancia fueron todas positivas y altas, con valores entre 0.95 a 1.00 (Tabla 3), lo cual indica que estas características están influenciadas por la mayoría de los mismos genes, y mayores progresos o ganancias en la producción de leche a los 305 días de lactancia se pueden obtener por selección indirecta con base en la selección directa para la producción de leche en el día de control. De la misma forma, los valores de heredabilidad mencionados anteriormente para la producción de leche en el quinto y séptimo control, indicarían la posibilidad de lograr progreso genético mediante la selección en dichos controles. Según Rodrigues de Melo et al (2005), los controles a ser utilizados como criterios de selección deben considerar las estimativas de heredabilidad para las producciones de leche en cada uno de los controles y las estimativas de correlación genética entre dichas producciones con la producción de leche a los 305 días de lactancia, siendo preferidos en los procesos de selección aquellas producciones en el día de control con mayores heredabilidades y mayores correlaciones genéticas con la producción de leche en dicho período de lactancia ideal. Por consiguiente, se deduce la posibilidad de que los controles cinco y siete puedan ser utilizados como criterios de selección para la producción de leche a los 305 días de lactancia en vacas Lucerna.

Tabla 3. Progreso genético (ΔG) para las producciones de leche en el día de control (PLDC01-PLDC10) y para la producción de leche a los 305 días de lactancia (PLD305), y correlación genética (r_a), respuesta correlacionada (RC_2) y eficiencia relativa de selección (ER) de PLD305 realizando selección en cada PLDC

	ΔG	R_a	RC_2 (kg)	ER (%)
PLDC01	0.20	1.00 \pm 0.13	44.69	41.36
PLDC02	0.33	0.91 \pm 0.06	72.49	67.08
PLDC03	0.34	0.95 \pm 0.05	69.44	64.26
PLDC04	0.34	0.96 \pm 0.00	69.42	64.24
PLDC05	0.45	1.00 \pm 0.02	131.72	121.89
PLDC06	0.35	0.95 \pm 0.05	59.71	55.25
PLDC07	0.51	1.00 \pm 0.01	149.88	138.69
PLDC08	0.36	0.95 \pm 0.05	56.41	52.20
PLDC09	0.36	1.00 \pm 0.10	65.03	60.17
PLDC10	0.28	1.00 \pm 0.13	137.48	127.21
PLD305	108.07	1.00		100.00

Al comparar la respuesta correlacionada entre la producción de leche a los 305 días de lactancia y la producción de leche en los controles cinco y siete, con el progreso genético obtenido mediante selección directa para la producción de leche a los 305 días de lactancia (Tabla 3), se pudo observar que si la selección es llevada a cabo en estos dos controles, la ganancia genética obtenida para la producción de leche a los 305 días de lactancia sería mayor a si la selección se realiza con base en esta última característica de forma directa, puesto que se espera que mediante la selección para el quinto y séptimo control exista una respuesta correlacionada para producciones de leche a los 305 de lactancia de 131,72 y 149,88 kg respectivamente, mayor a lo observado mediante selección directa para la producción de leche a los 305 días de lactancia (108,07 kg). La eficiencia relativa de selección (tabla 3) permite complementar esta última afirmación, puesto que para los mismos controles (cinco y siete) se observa una eficiencia mayor (121,89 y 138,69%, respectivamente) a la presentada para la producción de leche a los 305 días de lactancia (100%).

Rodrigues de Melo et al (2005), González Herrera et al (2008) y Santos et al (2013) también encontraron eficiencias relativas de selección altas e incluso superiores al 100%, en algunas producciones de leche en el día de control, en vacas Hostein, Gir y Guzerat, respectivamente, lo cual indica la posibilidad de llevar a cabo la selección con base en la producción de leche en el día de control buscando mejorar de forma indirecta la producción de leche a los 305 días de lactancia, posibilitando de igual forma la selección para esta última característica antes de finalizar la lactancia, la inclusión en las evaluaciones genéticas de bovinos con lactancias sin terminar, favorecer el progreso genético de la característica y aumentar la confiabilidad en dichas evaluaciones al contar con mayor número de observaciones o registros evaluados.

Las altas correlaciones de Spearman para el ranking obtenido por todos los animales (hijos, madres y padres) y solo los toros (padres) con más de cinco hijos, dado sus valores genéticos (Tabla 4), estadísticamente significativas dado que , revelan gran asociación lineal entre los valores genéticos usando las producciones de leche en los controles cinco y siete, y la producción de leche a los 305 días de lactancia, lo que según Ledic et al (2002b), indica que el orden de los animales en las dos metodologías de evaluación tiende a ser la misma. Es decir que, con ambas metodologías, se seleccionarían prácticamente los mismos animales, ya sea considerando todos los animales en un mismo archivo de evaluación genética o solo los toros, con la ventaja de que, si los animales son seleccionados utilizando la producción de leche en el día de control como criterio de selección, podría resultar en una mayor ganancia genética para la producción de leche, principalmente debido a la reducción del intervalo generacional.

Tabla 4. Correlación de rango para la producción de leche en los controles cinco y siete (PLDC05 y PLDC07) con la producción de leche a los 305 días de lactancia (PLD305), considerando todos los animales o solo los toros

Característica	Todos los animales		Solo los toros	
	PLDC05	PLDC07	PLDC05	PLDC07
PLD305	1.00 (n=2785)	1.00 (n=2793)	1.00 (n=34)	1.00 (n=34)

Con respecto a las tendencias genéticas, fenotípicas y ambientales, el incremento genético promedio fue 0.50 kg/año ($R^2 = 0.07$), el incremento fenotípico promedio fue 21.30 kg/año ($R^2 = 0.43$) y el incremento ambiental promedio 20.80 kg/año. Esto indica que aproximadamente 97.7% del progreso fenotípico observado en la producción de leche a los 305 días de lactancia en vacas Lucerna son debidas a factores ambientales y sólo 2.35% son debidas a factores genéticos. Esto puede ser atribuible a las bondades de los arreglos silvopastoriles bajo los cuales estos animales tienden a criarse, con respectivo aumento de la productividad animal. De la misma forma, se ve claramente que los valores de la tendencia genética (Figura 2A) presentaron un comportamiento muy variable en el período evaluado (animales nacidos entre los años 1972 al 2007), cuando lo deseable es observar una tendencia creciente a medida que los años transcurren, caso último que si se observó para los valores de las tendencias fenotípicas (Figura 2B).

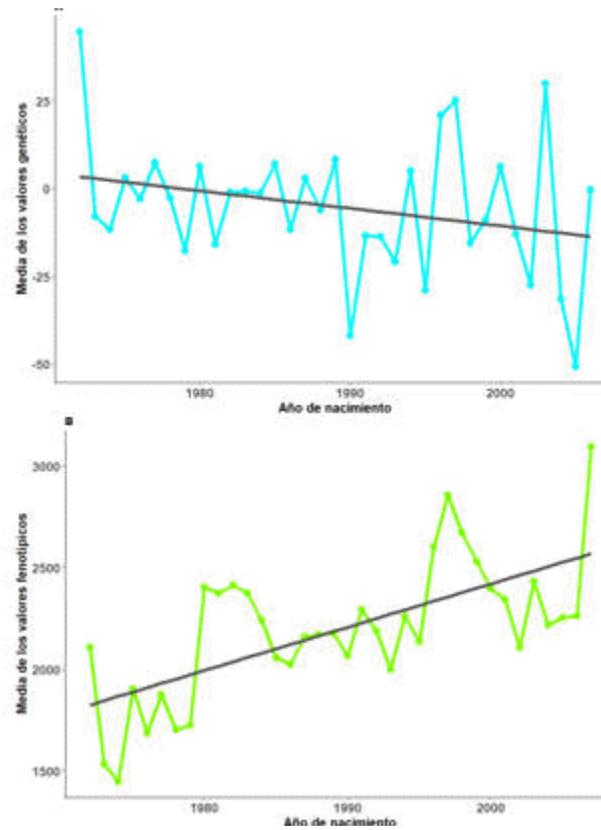


Figura 2. Tendencia genética (A) y fenotípica (B) para la producción de leche a los 305 días de lactancia

Por consiguiente, se sugiere la implementación de un programa de selección con base en la estimación de valores genéticos si se desea mejorar genéticamente la producción de leche a los 305 días de lactancia, y dado los resultados obtenidos a partir de este estudio, se recomienda que dicho programa sea llevado a cabo mediante el uso de las producciones de leche en el día de control cinco y siete como criterio de selección.

Conclusión

- La utilización de la producción de leche en el día de control como criterio de selección para la producción de leche a los 305 días de lactancia en vacas de la raza colombiana Lucerna, podría favorecer el mejoramiento y progreso genético de la producción de leche a 305 días, dado que la selección indirecta basada en las producciones en los controles (específicamente en los controles cinco y siete) fue más eficiente que, la selección directa de la producción de leche a los 305 días de lactancia.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los productores de las empresas agropecuarias Reserva Natural el Hatico y Hacienda Lucerna, por proporcionar la información la cual permitió realizar el presente estudio.

Descargos de responsabilidad

Todos los coautores conocen circunstancia alguna que implique conflicto de intereses. Los aportes realizados por los mismos fueron significativos en la elaboración del documento y están de acuerdo con su publicación.

Referencias

Almeida Dornelles M, Nogara Rorato P R, Breda F C, Bondan C, Lavadinho da Gama L T, Araujo Cobuci J e Miranda Prestes A 2015 Parâmetros genéticos para produção de leite no dia do controle de vacas da raça Holandesa utilizando modelos de análises de fatores e componentes principais. *Ciência Rural*, 45(6): 1087-1092.

http://www.scielo.br/pdf/cr/v45n6/1678-4596-cr-0103_8478cr20141076.pdf

Asociación Nacional de Criadores de Razas Criollas 2003 Razas criollas y colombianas puras. Bogotá: PRODUMEDIOS.

Bilal G and Khan MS 2009 Use of test-day milk yield for genetic evaluation in dairy cattle: A review. *Pakistan Veterinary Journal*, 29(1): 35-41. http://pvj.com.pk/pdf-files/29_1/35-41.pdf

Boldman K, Kriese L and Van L 1995 A manual for use of MTDFREML. USDA-ARS, Caly Center, Nebraska. 128 p.

Cardellino R y Rovira J 1987 Mejoramiento genético animal. Hemisferio Sur, Montevideo, Uruguay, 253 p.

Carvalho J, Blake R, Pollak J, Quaas R L and Duran Castro C V 1998 Application of an autoregressive process to estimate genetic parameters and breeding values for daily milk yield in a tropical herd of Lucerna cattle and in United States Holstein Herds. *Journal of Dairy Science*, 81: 2738-2751.

Elzo M A y Cerón Muñoz M 2008 Modelación aplicada a las ciencias animales: genética cuantitativa. Editorial Biogénesis, Medellín, Colombia, 188 p.

Fazel Y, Esmailzadeh A, Fazel F, Niazi A, Rahmati S and Qasimi M 2018 Use of random regression test-day model to estimate genetic parameters of milk yield in Holstein cows. *Open Journal of Animal Sciences*, 8: 27-38. https://www.scirp.org/pdf/OJAS_2017121814500792.pdf

Giraldo Amador N y María Viveros A 2015 Estimación de parámetros de la curva de lactancia en ganado con diferente proporción de Lucerna y su relación con algunos factores de relevancia económica. Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de Pereira. 32 p.

González Herrera L G, El Faro L, Galvão de Albuquerque L, Tonhati H e Cavallari Machado C H 2008 Parâmetros genéticos para produção de leite no dia do controle e para produção de leite até 305 dias nas primeiras lactações de vacas da raça Gir. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 7(10): 1774-1780. <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v37n10/09.pdf>

González Peña D y Guerra D 2007 Reseña sobre los modelos del día de control en las evaluaciones genéticas del ganado de leche. Ciencia y Tecnología Ganadera, 1(3): 93-109.

Guevara Garay L A 2015 Descripción de la influencia de algunos efectos sobre comportamiento de la curva de lactancia en vacas Lucerna y sus cruces. Tesis de maestría, Universidad de Caldas. 79 p.

Henao L M 2015 Estimación de parámetros de la curva de crecimiento en bovinos Lucerna y sus cruces. Tesis de pregrado. Corporación Universitaria Santa Rosa de Cabal. 49 p.

International Committee of Animal Recording (ICAR) 2010 Guidelines approved by the General Assembly held in Riga. Latvia, Febrero 2018.
http://www.icar.org/Documents/newsletters/2018_February.pdf

Jakobsen J, Madsen P, Pederson J, Christensen L, Sorensen D and Jensen J 2002 Genetic Parameters for Milk Production and Persistency for Danish Holsteins Estimated in Random Regression Models using REML. Journal of Dairy Science, 85(6): 1607-1616.

Junqueira Pereira R, Rocha Ayres D, Santana Júnior ML, El Faro L e Albuquerque L 2019 Test-day or 305-day milk yield for genetic evaluation of Gir cattle. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, 54: 1-9. <http://www.scielo.br/pdf/pab/v54/1678-3921-pab-54-e00325.pdf>

Junqueira Pereira R, Sávio Lopes P, Silva Verneque R, Santana Júnior ML, Rodrigues Lagrotta M e Almeida Torres R 2010 Funções de covariância para produção de leite no dia do controle em bovinos Gir leiteiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 45(11): 1303-1311. <http://www.scielo.br/pdf/pab/v45n11/11.pdf>

Laureano M, Bignardi A, El Faro L, Cardoso V and Galvão de Albuquerque L 2012 Genetic parameters for first lactation test-day milk flow in Holstein cows. Animal Feed Production, 6(1): 31-35. <https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/960E67D3D264D1ABCD5181B61BC276EC/S1751731111001376a.pdf/>

Ledic I L, Silva Verneque R, El Faro L, Tonhati H, Martínez ML, Oliveira MD, Costa CN, Teodoro RL e Oliveira Fernandes L 2002 Avaliação genética de touros da raça Gir para produção de leite no dia do controle e em 305 dias de lactação. Revista Brasileira de Zootecnia, 31(5): 1964-1972.

Ledic I L, Tonhati H, Silva Verneque R, El Faro L, Martínez ML, Nápolis Costa C e Galvão de Albuquerque L 2002 Estimativa de parâmetros genéticos, fenotípicos e ambientes para as produções de leite no dia do controle e em 305 dias de lactação de vacas da raça Gir. Revista Brasileira de Zootecnia, 31(5): 1953-1963.

Mahecha L, Angulo J y Manrique L 2002 Estudio bovinométrico y relaciones entre medidas corporales y el peso vivo en la raza Lucerna. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 15(1): 80-87. <http://www.redalyc.org/pdf/2950/295026068008.pdf>

Mahecha Ledesma L, Duran Castro C V, Rosales M y Molina Duran C H 2001 Comportamiento de vacas lucerna en silvopastoreo en diferentes épocas del año. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 14(3): 93-93.

Martínez Correal E G 2010 Plan nacional de acción para la conservación, mejoramiento y utilización sostenible de los recursos genéticos animales de Colombia. Recuperado de <https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/12/13346079520090/pna02-arreglado.pdf>

Meseret S and Negussie E 2017 Genetic parameters for test-day milk yield in tropical Holstein Friesian cattle fitting a multiple-lactation random regression animal model . South African Journal of Animal Science, 47(3): 352-360. <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v47i3.12>

Meyer K, Graser H and Hammond K 1989 Estimates of genetic parameters for first lactation test day production of Australian black and white cows. Livestock Production Science, 21(3): 177-199. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0301622689900493>

Napolis Costa C, Rodrigues de Melo C, Crivelari Machado C H, Ferreira de Freitas A, Umberto Packer I e Cobuci J 2005 Parâmetros genéticos para a produção de leite de controles individuais de vacas da raça Gir estimados com modelos de repetibilidade e regressão aleatória. Revista Brasileira de Zootecnia, 34(5): 1519-1530.
<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/129276>

Palacios Espinosa A, Espinoza Villavicencio J, González Peña D, Guerra Iglesias D, Mellado Bosque M y Rodríguez Almeida F 2008 Parámetros genéticos para la producción de leche del día del control en vacas Mambí. Agrociencia, 42(2): 157-163. <http://www.redalyc.org/pdf/302/30211199003.pdf>

Pander B, Hill W and Thompson R 1992 Genetic parameters of test day records of British Holstein-Friesian heifers. *Animal Science*, 55(1): 11-21. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0003356100037211>

Ptak E and Schaeffer L R 1993 Use of test day yields for genetic evaluation of dairy sires and cows. *Livestock Production Science*, 34: 23-34.

Quijano Bernal J H y Echeverri Zuluaga J J 2015 Genética cuantitativa aplicada al mejoramiento animal. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias, 315 p.

Rodrigues de Melo C M, Umberto Packer I, Nápolis Costa C e Fernando Machado P 2005 Parâmetros genéticos para as produções de leite no dia do controle e da primeira lactação de vacas da raça Holandesa. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34(3): 796-806. <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v34n3/a11v34n3.pdf>

Santos D, Peixoto M, Borquis R, Verneque R, Panetto J e Tonhati H 2013 Genetic parameters for test-day milk yield, 305-day milk yield, and lactation length in Guzerat cows. *Livestock Science*, 152(2-3): 114-119. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871141312004829>

SAS 2009 SAS/STAT User's guide: Statistics. SAS Inst. Inc., Cary, NC, 5136 p.

Swalve H 1995 The effect of test day models on the estimation of genetic parameters and breeding values for dairy yield traits. *Journal of Dairy Science*, 78: 929-938. [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(95\)76708-X/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(95)76708-X/pdf)

Tonhati H, Cerón Muñoz M F, Ademir de Oliveira J, El Faro L, Ferreira Lima A L e Albuquerque L 2008 Test-day milk yield as a selection criterion for dairy buffaloes (*Bubalus bubalis* Artiodactyla, Bovidae). *Genetics and Molecular Biology*, 31(3): 674-679.

UN Periódico 2011 Ganado criollo, a punto de desaparecer Recuperado Febrero 2, 2018, de <http://www.unperiodico.unal.edu.co/en/dper/article/ganado-criollo-a-punto-de-desaparecer.html>.

Vargas Leitón B y Gamboa Zeledón G 2008 Estimación de tendencias genéticas e interacción genotipo x ambiente en ganado lechero de Costa Rica. *Técnica Pecuaria en México*, 46(4): 371-386. <https://www.redalyc.org/pdf/613/61346403.pdf>

Vergara O, Ossa G, Cabrera J, Simanca J y Pérez J 2016 Heredabilidades y tendencias genéticas para características reproductivas en una población de ganado Romosinuano en Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, 21(1): 5250-5257. <http://oaji.net/articles/2016/1276-1452019896.pdf>

Received 16 August 2019; Accepted 25 September 2019; Published 2 November 2019

[Go to top](#)