



Parámetros genéticos para rasgos de crecimiento en bovinos Charolais en el trópico panameño

Genetic parameters for growth traits in Charolais cattle from panamanian tropical conditions

Jimmy Jurado. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.

davidjurado18@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0003-4278-9804>

*Reggie Guerra. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.

r guerram09@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-8471-2862>

José Miranda. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.

tinyjose30@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0008-2508-3603>

Nohelys Ríos. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.

nohelys.rios@up.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0005-8822-2904>

Carlos Solís. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.

carlos.solis@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0003-2472-556X>

Alberto Menéndez-Buxadera. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.

contact@ambuxadera.com

<https://orcid.org/0000-0002-0408-4200>

*Autor de Correspondencia: r guerram09@gmail.com

Recibido: 14/10/2025

Aceptado: 21/11/2025

DOI <https://doi.org/10.48204/j.ia.v8n1.a8819>

RESUMEN. El contar con recurso genético adaptable a las condiciones ambientales propias es de vital importancia para lograr una mejor producción con menores costos y respetando el bienestar animal. Con el objetivo de estimar los componentes de (co)varianza genética para el peso al nacer (PN) y peso al destete (P205) de animales Charolais en las condiciones tropicales de Chiriquí, Panamá, se emplearon 1895 registros de esta raza, nacidos entre los años 1998 a 2019. Los datos se analizaron mediante un modelo animal bivariados considerando efectos fijos de grupo contemporáneo (año-época), sexo, edad al parto de la madre y la covariable edad al destete en el caso de P205, los cuales fueron altamente significativos. Como efectos aleatorios se incluyeron el animal, así como el ambiente permanente de la madre. La heredabilidad fue de 0.39 ± 0.10 y 0.24 ± 0.08 para PN y PD respectivamente y una correlación genética de 0.80 ± 0.12 entre ambos. La repetibilidad fue de 0.41 ± 0.15 para PN y 0.33 ± 0.15 para ambos rasgos. La solución del modelo permitió la estimación del valor genético para cada rasgo y estos resultados se sometieron a un análisis de componentes principales (ACP) y los dos primeros vectores propios se emplearon como factor de ponderación en un índice de selección. Se constato que mediante el índice mediante ACP se lograría una mejora leve con relación al uso de los valores genéticos independiente, sin embargo, la alta correlación entre ambos rasgos es una limitante. Se recomienda utilizar el ACP como herramienta para generar índices de selección para los rasgos analizados en la población Charolais estudiada, aunque es necesario otros estudios en una población más amplia.

PALABRAS CLAVE: análisis de componentes principales, correlación genética, heredabilidad, índices de selección.

ABSTRACT. Having genetic resources that are well adapted to local environmental conditions is of great importance for achieving better productive performance with lower costs and ensuring animal welfare. The objective of this study was to estimate the genetic (co)variance components for birth weight (BW) and weaning weight adjusted to 205 days (WW205) in Charolais cattle under the tropical conditions of Chiriquí, Panama. A total of 1,895 records from animals born between 1998 and 2019 were used. The data were analyzed with a bivariate animal model considering the fixed effects of contemporary group (year-season), sex, dam age at calving, and the covariate age at weaning for WW205,



all of which were highly significant. Random effects included the animal and the dam's permanent environmental effect. Heritability estimates were 0.39 ± 0.10 for BW and 0.24 ± 0.08 for WW205, with a genetic correlation of 0.80 ± 0.12 between both traits. Repeatability was 0.41 ± 0.15 for BW and 0.33 ± 0.15 for WW205. The model solutions allowed the estimation of breeding values for each trait, and these results were subjected to a principal component analysis (PCA). The first two eigenvectors were used as weighting factors in a selection index. It was observed that the PCA-based index would yield only a slight improvement compared with the independent use of breeding values; however, the high correlation between traits limits the response. It is recommended to use PCA as a complementary tool to build selection indices for the traits evaluated in this Charolais population, although studies with larger populations are still needed.

KEYWORDS: genetic correlation, heritability, principal components analysis, selection index.

INTRODUCCIÓN

Los registros del peso al nacer y al destete conforman la información básica para seleccionar a los futuros reemplazos y valorar la rentabilidad de la finca, debido a que una de las principales fuentes de ingresos es la venta de terneros al destete. Con los datos del peso al nacimiento (PN) y peso al destete (PD) podemos deducir la ganancia total de peso tanto de manera individual, como el promedio del total de crías destetadas por cada vaca de acuerdo con lo expuesto por Loaiza, (2011). En Panamá los índices para PN de los animales bovinos de carne fluctúan entre 21.8 a 25.0 kg y para PD (generalmente realizado a los siete meses) entre los 149.7 a 190.5 kg (Miranda et al., 2024), lo cual es menor que los índices reportados para otros países de la región. Una de las posibles razones de estos resultados es la falta de planes de mejoramiento genético organizado para los sistemas mencionados anteriormente (cría, ceba, lechería) en Panamá, y esto ha contribuido a que se tengan bajos índices productivos y reproductivos en la ganadería bovina, por lo cual, se hace necesaria la implementación de herramientas de selección que permitan una mejora de los sistemas de producción.

Esta mejora se puede realizar mediante la elaboración de un índice de selección que incluyan estos primeros indicadores, ya que es una manera óptima para combinar el valor para cada uno de los caracteres a seleccionar los mejores animales como como reproductores (Amaya et al., 2021). De acuerdo con Domínguez-Viveros et al. (2018), los índices de selección permiten identificar los candidatos a selección, aplicando ponderaciones a los valores fenotípicos con propiedades de mejor predictor lineal, además que minimiza el error de predicción, maximiza la exactitud en las predicciones, así como la respuesta a la selección, y maximiza la probabilidad de ordenar correctamente a los animales con base en el arreglo de valor aditivo.

Por todo lo mencionado anteriormente, el objetivo de esta investigación fue estimar los componentes de (co)varianza genética el peso al nacer y al destete y combinar ambos rasgos en un índice aplicable a ganado bovino de la raza Charolais en las condiciones de Chiriquí, Panamá.

MATERIALES Y MÉTODO

El estudio se realizó en una finca dedicada a la cría de ganado de carne, ubicada en el distrito de Tierras Altas, provincia de Chiriquí, Panamá. La misma se encuentra localizada en las coordenadas $8^{\circ}45'05.5''$ Norte y $82^{\circ}40'10.3''$ Oeste, a una altura de 1,311 m s. n. m.



Dicha región presenta un clima definido como tropical muy húmedo. Existen dos épocas, la de lluvias (mayo a diciembre), y la de seca (enero a abril). En dicha zona se reporta una temperatura que oscilan de los 22 °C hasta los 34 °C y precipitaciones de 3,904 mm (IMHPA, 2025).

Para el estudio se contó con una base de datos originales que contenía 1,895 registros de animales de la raza Charolais, correspondieron a los registros de PN y PD de los años 1998 a 2019. Los animales fueron alimentados totalmente a base de pastoreo, las especies que predominan en esta área de producción son *Cynodon nlemfuensis*, *Urochloa arrecta* y *Urochloa decumbens*. Adicionalmente al pasto, a los animales se le ofrecía una suplementación con sales minerales ad libitum.

Del total de datos recabados de la finca (2,450 datos), se realizó una depuración donde se eliminaron registros por datos fuera de ± 3 desviaciones estándar de cada rasgo, así como algunos animales con uno o ambos padres desconocidos o identificación confusa, quedando finalmente 1,829 observaciones hijos de 899 madres de las cuales 36 estaban en el vector de animales y 112 padres, el pedigrí tenía un total de 2,512 animales con datos y sus antecesores.

Los datos fueron analizados según un modelo bivariado aplicado a cada rasgo así:

$$y_n = \mathbf{GC}_{pn} + \mathbf{X}_b + \mathbf{Z}_{\mu 1} + \mathbf{Z}_{p1} + \mathbf{e}_i$$

$$y_d = \mathbf{GC}_{pd} + \mathbf{X}_b + \mathbf{Z}_{\mu 2} + \mathbf{Z}_{p2} + \mathbf{e}_2$$

donde:

y_n ; y_d = son vectores de las observaciones de PN y PD respectivamente para cada animal.

\mathbf{GC}_{pn} ; \mathbf{GC}_{pd} = representan los efectos fijos de grupos contemporáneos para:

PN (año de nacimiento-23 clases-, época de nacimientos-4 clases-)

PD (año de destete -22 clases-, época de destete -4 clases-)

\mathbf{X}_b = contienen los efectos fijos de sexo -2 clases- y edad al parto de la madre (2, 3, 4...9 o más años) y la covariable de edad al destete para este rasgo solamente.

μ_n y μ_d = son vectores de efectos aleatorios debido al animal que produce el registro para peso al nacer y al destete respectivamente.

p_n y p_d = son vectores de efectos aleatorios de ambiente permanente debido a la madre de cada animal que produce el registro para peso al nacer y al destete respectivamente.

e_n y e_d = son vectores de efectos de efectos residuales común para todas las observaciones mientras que produce el registro para peso al nacer y al destete respectivamente

\mathbf{X} y \mathbf{Z} = son matrices de incidencia para relacionar las observaciones con los efectos fijos y aleatorios.

En este modelo se asume que:

$$\text{var} \begin{bmatrix} y_n \\ y_d \end{bmatrix} \approx \mathbf{N} \left[\mathbf{0}, = (\mathbf{G}_o = \begin{bmatrix} \sigma_{a_n}^2 & \sigma_{a_{nd}} \\ \sigma_{a_{dn}} & \sigma_{a_d}^2 \end{bmatrix} \otimes \mathbf{A}) \right] + \begin{bmatrix} \sigma_{p_n}^2 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \sigma_{p_d}^2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \sigma_{e_n}^2 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \sigma_{e_d}^2 \end{bmatrix}$$

Donde:

\mathbf{G}_o representa los componentes de (co)varianza genética, de ambos rasgos, \mathbf{A} es el denominador de la matriz de parentesco. En este modelo bivariado, se obtienen los componentes de varianza



para peso al nacer ($\sigma_{a_n}^2$) al destete ($\sigma_{a_d}^2$) y la covarianza entre los mismos ($\sigma_{a_{nd}} = \sigma_{a_{dn}}$). Con estos resultados se puede estimar la heredabilidad h^2 para peso al nacer ($h_n^2 = \frac{\sigma_{a_n}^2}{\sigma_{a_n}^2 + \sigma_{p_n}^2 + \sigma_{e_n}^2}$) al destete ($h_d^2 = \frac{\sigma_{a_d}^2}{\sigma_{a_d}^2 + \sigma_{p_d}^2 + \sigma_{e_n}^2}$). Por otro lado, la correlación genética entre ambos caracteres será $r_g = \frac{\sigma_{a_{nd}}}{\sqrt{\sigma_{a_n}^2 * \sigma_{a_d}^2}}$.

La solución de este modelo proporciona las estimaciones del Valor Genético (VGE) para cada carácter. A continuación, se elaboró un índice de selección para ambos rasgos mediante el uso de un análisis de componentes principales (ACP), donde los resultados de los valores genéticos de PN y PD fueron unidos para 1,829 animales en común y sometidos a un ACP con el programa Matlab (MathWorks, 2018). El objetivo de este proceso consistió en que los coeficientes de ambos vectores pueden utilizarse como factor de ponderación y confeccionar un índice que absorbe el máximo de las (co)varianzas genéticas para ambos rasgos. El número de componentes principales que explicaron la mayor parte de la varianza se eligieron mediante el criterio de Kaiser (Kaiser, 1960).

Los modelos estadísticos aplicados para estimar PN y PD fueron similares. Para cumplimentar los requisitos del ACP que establece las variables deben estar estandarizadas (Hair et al., 2010), se empleó la opción princomp(zscore) de Matlab (MathWorks, 2018).

Para una interpretación gráfica del ACP se presentaron los correspondientes Biplot para las funciones genéticas estudiadas, construidos de igual modo mediante el programa Matlab (MathWorks, 2018). En este caso se tomó en cuenta que cada punto del Biplot representa una nueva expresión en la cual se combinan los VGE estandarizados para cada uno de los elementos de los valores genéticos para PN y PD ponderado por los coeficientes del componente principal uno y componente principal dos. De esta forma se representó el mérito genético de cada animal en su doble capacidad de producción al nacimiento y al destete.

Se utilizaron estos coeficientes para estimar un índice combinado cuya construcción expresó el mérito genético conjunto de los animales para ambos rasgos, adaptando para tal fin la metodología utilizada por Guerra et al. (2018), en un estudio realizado en ganado lechero.

Aun cuando el procedimiento de ACP es ampliamente conocido en sus propiedades estadísticas (Hair et al., 2010), solo recientemente comienza a ser empleado en los estudios de genética animal. En esta investigación se utilizó solo como una herramienta auxiliar para encontrar una solución robusta para explicar las relaciones entre PN y PD.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para una mejor evaluación del efecto ambiental, se realizó un análisis trimestral cuyas frecuencias se presentan en la tabla 1.

Tabla 1*Frecuencia de observaciones según trimestre de nacimiento.*

Trimestres	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia acumulada	Porcentaje acumulado
1	519	28.38	519	28.38
2	454	24.82	973	53.20
3	374	20.45	1347	73.65
4	482	26.35	1829	100.00

En el caso de la frecuencia de observaciones para la variable sexo de la cría la información se puede observar en la tabla 2.

Tabla 2*Frecuencia de observaciones según el sexo de la cría*

SEXO	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia acumulada	Porcentaje acumulado
H	952	52.05	952	52.05
M	877	47.95	1829	100.00

El número de observaciones según la edad de la madre se pudo observar en la tabla 3.

Tabla 3*Número de observaciones según la edad de la madre.*

Edad de la madre	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia acumulada	Porcentaje acumulado
2	183	10.01	183	10.01
3	587	32.09	770	42.10
4	275	15.04	1045	57.14
5	219	11.97	1264	69.11
6	170	9.29	1434	78.40
7	112	6.12	1546	84.53
8	124	6.78	1670	91.31
9	159	8.69	1829	100.00

Al evaluar el efecto de la edad de la madre sobre el PN y PD, se pudo encontrar diferencias significativas ($p < 0.05$), para ambas variables (Tabla 4).

**Tabla 4***Relación de la edad al parto de la madre con el PN.*

Edad de la madre	Peso nacimiento (kg)	Peso al destete (kg)
2	35.30 ^a	213.77 ^a
3	35.82 ^a	225.87 ^b
4	36.10 ^{ab}	228.35 ^b
5	36.33 ^{ab}	233.93 ^b
6	36.50 ^b	236.10 ^{bc}
7	36.25 ^{ab}	232.63 ^b
8	36.95 ^{ab}	234.86 ^{bc}
9	36.26 ^{ab}	224.66 ^b

a,b: letras diferentes presentan diferencia estadística ($p < 0.05$)

En ambos casos se puede observar la misma tendencia, la cual muestra pesos más altos en los animales que paren con edades entre cuatro y ocho años. Rodríguez et al. (2009), reportaron comportamiento similar para PN en ganado Brahman. Destacaron que a pesar de que había variabilidad en algunos años, las vacas que tenían cinco años producían terneros de más pesos en comparación que animales más jóvenes o longevos.

Estas diferencias pueden deberse a que las vacas jóvenes tienen mayores requerimientos de nutrientes para su propio desarrollo y las vacas más longevas decrecen su eficiencia por el desgaste y disminución de aptitudes fisiológicas y por tanto crían terneros menos pesados que las vacas de edad intermedia.

Montes et al. (2008), mencionan que la variación del PD, según el número de partos de la vaca, puede ser atribuida a que el crecimiento predestete de los terneros depende en gran parte de la producción de leche de la madre (habilidad materna), la cual la cual es menor en vacas jóvenes principalmente en primerizas y vacas viejas de noveno y décimo parto.

En el caso del PD este fenómeno tiene explicación en el desarrollo no alcanzado por las vacas en el primer parto, por lo que los recursos dedicados a la lactación son menores, ya que según Carvajal-Hernández et al. (2002), la mayor producción de leche se alcanza entre la tercera y la quinta lactancia.

Cuando se evaluó el efecto del sexo de la cría también hubo diferencias significativas ($p < 0.05$), y su comportamiento se puede observar en la tabla 5.

TABLA 5*Comparación de sexo por característica productiva (PN), denotando diferencias estadísticas entre los mismos ($p < 0.05$).*

Sexo	Peso al nacimiento (kg)	Peso al destete (kg)
H	35.860	224.962
M	36.590	233.399

Los machos al nacer pesaron 0.73 kg y al destete 8.42 kg más que las hembras, lo que representa una diferencia de 1.99 % para PN y 3.61 % para PD, respectivamente.



De acuerdo a Bavera et al. (2005), comparativamente los machos crecen más rápido que las hembras debido a la mayor potencia de los andrógenos con respecto a los estrógenos sobre la estimulación del crecimiento. El mismo autor indica que los machos consumen más alimento que las hembras por una mayor tasa metabólica, pesan al nacer entre el 5 % a 7 % más que las hembras, el largo de la gestación es de tres a cuatro días más en el macho, son más eficientes en la conversión de alimento que las hembras. Dando como resultado que, a una misma edad, el macho sea más pesado que la hembra.

Córdova et al. (2005), encontraron que, en ganado multirracial, entre los cuales se incluía la raza Charolais, el efecto del sexo fue significativo dentro de su investigación un mayor PD para machos que para hembras. Igualmente, Newman et al. (1993); Plasse et al. (1995); Melka et al. (2001) reportan resultados similares en ganado multirracial los cuales incluyen Charolais, Angus, Simmental y Hereford.

Los parámetros genéticos calculados para las variables fueron para PN $h^2 = 0.27 \pm 0.09$ y para PD $h^2 = 0.31 \pm 0.08$; en tanto los valores de repetibilidad fueron 0.41 ± 0.15 para PN y 0.33 ± 0.15 para PD.

Ríos-Utrera et al. (2012), reportaron una heredabilidad para PN en ganado Charolais de 0.36. Otros autores como Grotheer et al. (1997); Fernandes et al. (2002); Donoghue & Bertrand. (2004) y Phocas & Laloë (2004), pudieron determinar heredabilidades de 0.38, 0.33, 0.54, 0.55 y 0.45 en datos de esta raza en Brasil, México, Canadá y Suiza. Estos difieren de los resultados encontrados ya que las heredabilidades son más altas que en la presente investigación.

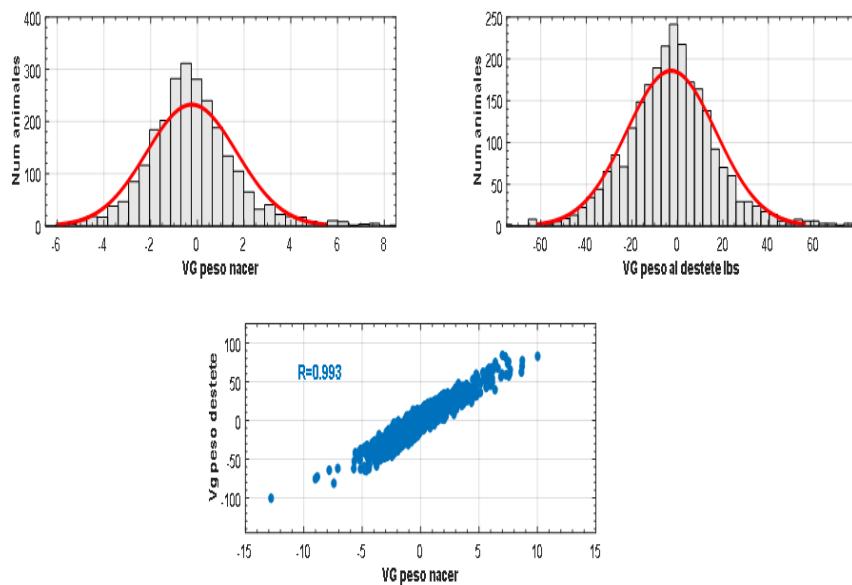
Para PD, Ríos-Utrera et al. (2012), reportaron heredabilidad de 0.27 para Charolais y Charbray, más bajo que el encontrado en la presente investigación. En tanto, Donoghue y Bertrand (2004) reportaron heredabilidades de 0.25 y 0.27 en su estudio para solamente Charolais.

Según Galeano (2019), los valores generales para PN reportados en la literatura fluctúan entre 0.25 y 0.35 y para PD son entre 0.30 y 0.40, lo cual indicaría que los valores encontrados están en el rango general. Cabe destacar que, como ya han indicado investigadores clásicos de mejora genética como Falconer & Mackay (1996), los valores encontrados en cualquier estudio de parámetros genéticos están condicionados a los datos que se utilizan y las condiciones ambientales en las que se encuentran los individuos evaluados, lo cual hace que los resultados de cada región sean válidos para esas condiciones específicas y no demeritan los valores reportados en diferentes condiciones.

A continuación, se procedió a calcular el VG para PN y PD durante los años evaluados, y la dispersión de los datos de ambos rasgos se puede observar en la parte superior de la figura 1.

FIGURA 1

Evolución del VG para PN y PD y tendencia regresiva entre ambas variables.



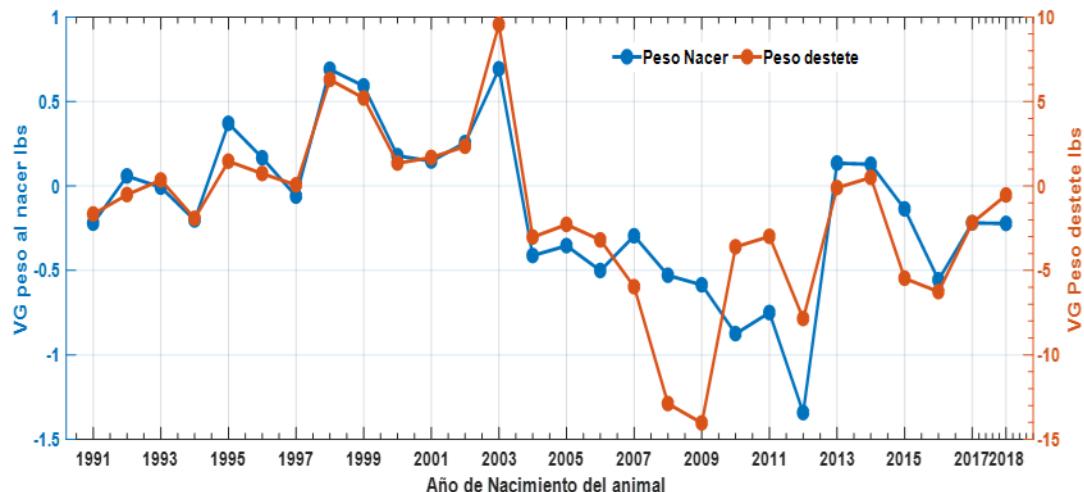
Como se observa en la parte inferior de la figura, hay una relación lineal y positiva entre ambos rasgos. Es importante destacar que el valor de correlación entre el VGE de ambos rasgos fue de 0.70 ± 0.12 . Autores (Mascioli et al., 1997; Marques et al., 2000; Rodríguez et al., 2000) encontraron resultados similares a los de la presente investigación (0.60 a 0.85) en las razas Charolais, Canchim, Brahman y Simmental.

Cabe destacar que la importancia de este parámetro radica en que, para la toma de decisiones, al momento de considerar uno de los rasgos como criterio de selección, se puede comprometer la expresión del otro tal como explica en su estudio Ossa, (2003). Y la práctica más común del productor es utilizar como criterio de selección el PD, lo cual puede tener un efecto de aumentar el PN que puede comprometer la facilidad de parto de las vacas, o en caso contrario dar como resultados animales demasiado pequeños.

En la figura 2 se puede observar la tendencia que ha seguido el progreso genético en el hato evaluado para ambos rasgos, que nos presenta un comportamiento a disminuir el VGE para PN y PD.

FIGURA 2

Evolución del progreso genético del hato Charolais durante los años de evaluación.



Como se observa en esta figura, después del año 2003 el mérito genético para ambos rasgos manifestó una tendencia negativa. Otros estudios (Parra-Bracamonte et al., 2007; Martínez et al., 2009; Martínez et al., 2018) reportan comportamientos similares en hatos con ausencia de evaluaciones genéticas previas.

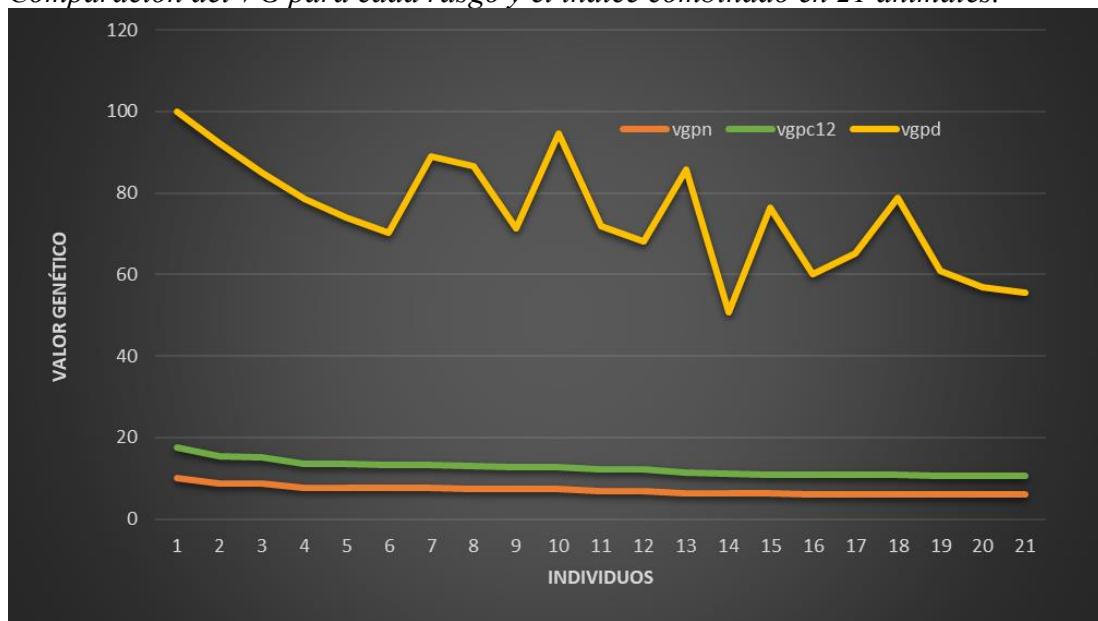
Dado que en el caso de nuestro estudio el progreso genético del hato ha ido disminuyendo drásticamente, una posible explicación pudo haber sido un inadecuado manejo del reemplazo tanto de toros como vacas lo cual influyó en el comportamiento observado.

Otra causa pudo ser el desconocimiento del valor genético al momento de seleccionar estos reemplazos. Según Galeano (2019), la selección de individuos genéticamente superiores o portadores de mejores combinaciones genéticas puede generar la pérdida de adaptación de los individuos. En la medida que la selección cambia el perfil genético de los animales hacia aquellos que generen las mejores producciones, esto genera una pérdida de combinaciones genéticas asociadas a resistencia y tolerancia al entorno; por lo que se hace fundamental la selección de animales mejorantes en el entorno en el que se van a desempeñar.

Finalmente, con el uso del ACP se construyó un índice de selección que recoge la mayor parte de la variación para ambos rasgos en un solo valor. Para corroborar esta afirmación se tomaron los mejores 21 animales de acuerdo con su VG para PN y se comparó su potencial con relación al PD y al índice combinado como se puede observar en la figura 3.

FIGURA 3

Comparación del VG para cada rasgo y el índice combinado en 21 animales.



Es importante destacar que el alto valor de correlación encontrado entre ambas variables ($r = 0.94$) denota la poca posibilidad de mejora genética ya que los individuos con potencial para ambos rasgos tienden a seguir la misma tendencia cuando se evalúan por medio del índice combinado.

Cabe destacar que en la construcción de este índice se maximiza la expresión biológica más que la económica, tal como explican los artículos de Guerra et al., (2018), en ganado de leche y otros en carne como los de Palacios-Espinosa et al. (2019) y Menéndez-Buxadera et al. (2022).

A pesar de que según la literatura al respecto (Montes et al., 2008; Ossa et al., 2002), se tiende a seleccionar mediante índices que logren animales con menor PN y maximicen el PD, en este caso no se consideró este factor debido a que como se presenta en los análisis de factores ambientales, los PN en las condiciones de estudio se encuentran por debajo de los rangos considerados normales para la raza; además que se adolece de estudios en la zona donde se desarrolló la investigación que indiquen un efecto negativo del PN en la eficiencia reproductiva, salud de la cría o la vaca al momento del parto, lo cual según múltiples estudios (Bellows et al., 1996; Gutiérrez et al., 2007; Jamrozik y Miller, 2014) es la razón principal de utilizar el PN bajo como un criterio de selección.

Como se observa en la figura 4, la tendencia genética a través de los años, tomando en cuenta los valores del índice obtenido mediante ACP, muestra una respuesta muy similar para las tres variables.

FIGURA 4

Evolución del progreso genético del hato Charolais durante los años de evaluación incluyendo el índice combinado.



Éste evidentemente es un resultado importante y a la vez que debe ser motivo de alarma para esta región, ya que como se dijo antes, es el hecho de que hubo momentos que el mérito genético para todos los rasgos tendió a ser negativo como se explicó en otra sección de los resultados previamente, lo que hace imperante la necesidad de hacer una selección más precisa y tomando en cuenta las características de la población.

En este contexto es importante destacar la poca disponibilidad de estudios relacionados a estos tópicos en Panamá que pudiesen utilizarse para detectar las causas de estos valores y que son un llamado de atención a la necesidad de este tipo de evaluaciones con aras a la mejora genética y por ende productiva de los hatos bovinos de carne de esta región.

CONCLUSIONES

Se concluye que a pesar de que los parámetros genéticos reportados se mantienen dentro de los valores descritos en la literatura, la poca mejora genética lograda en las condiciones tropicales de Panamá indica la necesidad de desarrollar programas de evaluación genética en condiciones propias y con criterios de selección claros que permitan una mayor productividad para esta raza que puede ser una alternativa para producir carne de calidad.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado gracias al financiamiento por parte del Sistema Nacional de Investigación (SNI) de Panamá, y el apoyo logístico de la Universidad de Panamá – Facultad de Ciencias Agropecuarias. De igual manera se agradece a los productores de carne bovina que facilitaron los datos de las fincas para los análisis realizados.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- Amaya, A., Martínez, R., & Cerón-Muñoz, M. (2021). Selection indexes using principal component analysis for reproductive, beef &milk traits in Simmental cattle. *Tropical Animal Health & Production*, 53(3), 378.
- Bavera, G., Bocco, O., Beguet, H., & Petryna, A. (2005). Crecimiento, Desarrollo Y Precocidad Conceptos De Crecimiento Y Desarrollo Animal. Cursos de Producción Bovina de Carne, 1-11.
- Bellows, A., Genho, C., Moore, A., & Chase Jr, C. (1996). Factors affecting dystocia in Brahman-cross heifers in subtropical southeastern United States. *Journal of Animal Science*, 74(7), 1451-1456.
- Carvajal-Hernández, M., Valencia-Heredia, E., & Segura-Correa, J. (2002). Duración de la lactancia y producción de leche de vacas Holstein en el Estado de Yucatán, México. *Revista Biomédica*, 13(1), 25-31.
- Córdova, A., Rodríguez, G., Córdova, M., Córdova, C., & Pérez, J. (2005). Ganancia diaria y peso al destete en terneros de cruces *Bos taurus* con *Bos indicus* en trópico húmedo. *Revista MVZ Córdoba*, 10(1), 589-592.
- Domínguez-Viveros, J., Rodríguez-Almeida, F., Callejas-Juárez N., Aguilar-Palma, N., & Ortega-Gutiérrez, J. (2018). Construcción de un índice de selección para rasgos de comportamiento en toros de lidia. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 9(4), 636-645.
- Donoghue, A., & Bertrand, K. (2004). Investigation of genotype by country interactions for growth traits for Charolais populations in Australia, Canada, New Zealand and USA. *Livestock Production Science*, 85(2-3), 129-137
- Falconer, D., & Mackay, T. (1996). Introducción a la Genética Cuantitativa. 4 edición. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 469p.
- Fernandes, D., Ferreira, B., & Rorato, N. (2002). Tendências e parâmetros genéticos para características pré-desmama em bovinos da raça Charolês criados no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31, 321-330.
- Galeano, A. (2019). Mejoramiento Genético Animal (Sello Editorial UNAD, Ed.; 1st ed.). <https://doi.org/10.22490/notas.3472>
- Grotheer, V., Röhe, R., & Kalm, E. (1997). Entwicklung einer zuchtwertschätzung für fleischrinder in Deutschland. 2. Mitteilung: Schätzung genetischer parameter. *Züchtungskunde*, 69, 349-365.



- Guerra, R., Hernández A., & Menéndez-Buxadera, A. (2018). Componentes de varianza genética para producción de leche y tolerancia a cambios de temperatura ambiental en vacas Holstein en Chiriquí, Panamá. *Livestock Research for Rural Development*, 30(210).
- Gutiérrez, P., Goyache, F., Fernández, I., Álvarez, I., & Royo, J. (2007). Genetic relationships among calving ease, calving interval, birth weight, and weaning weight in the Asturiana de los Valles beef cattle breed. *Journal of Animal Science*, 85(1), 69-75.
- Hair, J., Black, W., Babin, B., & Anderson R. (2010). Multivariate Data Analysis. 7a ed. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River.
- Instituto de Meteorología e Hidroología de Panamá IMHPA (2025). Condiciones Meteorológicas de Panamá. Disponible en <https://www.imhpa.gob.pa/es/estaciones-meteorologicas>.
- Jamrozik, J., & Miller, P. (2014). Genetic evaluation of calving ease in Canadian Simmentals using birth weight and gestation length as correlated traits. *Livestock Science*, 162, 42-49.
- Kaiser, H. (1960). The application of electronic computers to factor analysis. *Educational & Psychological Measurement*, 20(1), 141-151.
- Loaiza, A. (2011). Crianza de becerros. INIFAP, Folleto Técnico # 5, pp 11-16.
- Marques, A., Pereira, J., Oliveira, D., Silva, A., & Bergmann, G. (2000). Análise de características de crescimento da raça Simental. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 52, 527-533.
- Martínez, R., Onofre, G., & Polanco, N. (2009). Parámetros genéticos y tendencias para características de crecimiento en el ganado criollo sanmartinero en los Llanos Orientales de Colombia. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 10(2), 196-204.
- Martínez-Rocha, R., Ramírez-Valverde, R., Núñez-Domínguez, R., & García-Muñiz, J. (2018). Parámetros y tendencias genéticas de variables de crecimiento para bovinos Romosinuano en México. *Nova Scientia*, 10(21), 310-325.
- Mascioli, A., De Paz, P., & El Faro, L. (1997). Estimativas de parámetros genéticos e fenotípicos para características de crecimiento ate a desmama em bovinos da raça Canchim. *Revista Brasileira do Zootecnia*, 26(4), 709-713.
- MathWorks. (2018). MATLAB Documentation. Disponible en <https://la.mathworks.com/help/matlab/index.html>
- Melka, D. (2001). Genetic parameter estimates for weaning traits in a multibreed beef cattle population. MSc Thesis: University of Stellenbosch. Disponible en <https://agris.fao.org/search/en/providers/124740/records/67053faab1dfe472e1468c9e>
- Menéndez-Buxadera, A., More-Montoya, M., Gutiérrez-Reynoso G., & Galván-Cavero, G. (2022). Interacción genotipo ambiente en estrés térmico y producción de leche en vacas Holstein en la región de lima, Perú. *Anales Científicos*, 83(2), 160-174.



- Miranda, J., Samudio, A., Cedeño, H., Vargas, R., & Guerra, R. (2024). Factores ambientales y su influencia en el peso al nacimiento y destete de bovinos Charolais. *Revista Investigaciones Agropecuarias*, 7(1), 33-44.
- Montes, D., Vergara, O., Prieto, E., & Rodríguez, A. (2008). Estimación de los parámetros genéticos para el peso al nacer y al destete en ganado bovino de la raza brahman. *Revista MVZ Córdoba*, 13(1), 1184-1191.
- Newman, S., MacNeil, D., Reynolds, L., Knapp, W., & Urick, J. (1993). Fixed effects in the formation of a composite line of beef cattle: II. Pre-and postweaning growth and carcass composition. *Journal of Animal Science*, 71(8), 2033-2039.
- Ossa, A. (2003). Mejoramiento genético aplicado a los sistemas de producción de carne (No. Doc. 20568) CO-BAC, Santafé de Bogotá).
- Ossa, A., Moreno, F., Manrique, C., Tobón, C., Pérez, J., Tarazona, G., & Maldonado, C. (2002). El mejoramiento genético como instrumento de eficiencia en una empresa de producción bovina. *Corpoica*. 8.
- Palacios-Espinosa, A., Espinoza-Villavicencio, J., & Menéndez-Buxadera, A. (2019). Parámetros genéticos para peso al destete y rasgos reproductivos en ganado cebú de Cuba. *Nova Scientia*, 11(22), 1-25.
- Parra-Bracamonte, G., Martínez-González, J., García-Esquivel, F., González-Reyna, A., Briones-Encinia F., & Cienfuegos-Rivas, E. (2007). Tendencias Genéticas y Fenotípicas de Características de Crecimiento en el Ganado Brahman de Registro de México. *Revista Científica*, 17(3), 262-267.
- Phocas, F. & Laloë, D. (2004). Genetic parameters for birth and weaning traits in French specialized beef cattle breeds. *Livestock Production Science*, 89(2-3), 121-128.
- Ríos-Utrera, Á., Martínez Velázquez, G., Vega Murillo, V. E., & Montaño Bermúdez, M. (2012). Efectos genéticos para características de crecimiento de bovinos Charolais y Charbray mexicanos estimados con modelos alternativos. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 3(3), 275-290.
- Plasse, D., Fossi, H., Hoogesteijn, R., Verde, O., Rodriguez, R., Rodríguez, M., & Bastidas, P. (1995). Growth of F1Bos taurus× Bos indicus versus Bos indicus beef cattle in Venezuela. Weights at birth, weaning and 18 months. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 112(1-6), 117-132.
- Rodríguez, L., Guerra, D., Rizo, S., Planas, T., & Ramos, F. (2000). Factores genéticos y ambientales que afectan el comportamiento de los rasgos de crecimiento en machos de la raza Charolais. I Congreso Internacional sobre Mejoramiento Animal. La Habana, Cuba, 348-353.
- Rodríguez, Y., Martínez, G., & Galíndez, R. (2009). Factores no genéticos y parámetros genéticos de peso al nacer a las 24 horas y al destete de bovinos. *Zootecnia Tropical*, 27(3), 289-300.