



Pruebas de comportamiento en ganado Criollo de Cuba bajo diferentes condiciones

Performance tests in Creole cattle from Cuba under different conditions

Marco A. Suárez Tronco * y **, Manuel Rodríguez Castro **, Ma. del Carmen Guerra Rojas **

*Universidad Agraria de la Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez” (UNAH). La Habana, Cuba.

**Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical (CIMAGT). La Habana, Cuba.

Correspondencia: marco@unah.edu.cu; marcosuareztronco@gmail.com

Recibido: Junio, 2023; Aceptado: Junio, 2023; Publicado: Agosto, 2023.

RESUMEN

Antecedentes: Las razas criollas se consideran localmente adaptadas y rústicas. **Objetivo.** Evaluar la posible presencia de la interacción genotipo ambiente (IGA). **Métodos:** Se analizó la información perteneciente a animales de esta raza que fueron sometidos a prueba de comportamiento (PC) en la Empresa Genética y Cría “Manuel Fajardo”, provincia Granma. La base depurada consistió de 2 772 animales (1 532 pedigrí, 72 padres y 1 193 madres) nacidos entre 1981-2016 y se utilizó el peso a 18 meses de edad (P) como criterio de finalización de la prueba. Se generaron 2 grupos de datos en función del peso, más de 320 kg (PA) y menos (PB), que se analizaron como dos caracteres distintos y también se formaron tres grupos en función del periodo analizado (hasta 1990, [1] entre 1991-2000 [2] y después de 2000 [3]). Se utilizaron modelos animales multicaracteres incluyendo como fuentes de variación, para los efectos fijos, el grupo contemporáneo (rebaño-año-época), la regresión lineal de la edad final en el peso y como aleatorios, el componente genético aditivo y el residuo. **Resultados:** Las medias generales fueron $349,76 \pm 37,17$ y $279,16 \pm 32,51$ kg para PA y PB. Para los períodos: $414,89 \pm 61,44$; $299,94 \pm 51,71$ y $312,13 \pm 32,39$ kg para [1], [2] y [3] respectivamente. Las heredabilidades fueron: $0,27 \pm 0,12$; $0,07 \pm 0,07$; $0,37 \pm 0,20$; $0,27 \pm 0,16$ y $0,29 \pm 0,18$ para PA, PB, [1], [2] y [3], respectivamente. Los análisis comparando PA y PB, así como los 3 períodos mostraron correlaciones genéticas altas, excepto cuando se compara hasta 1990 y después de 2000 ($rg=0,65$). Las correlaciones entre los valores genéticos (VG) también fueron altas y positivas. **Conclusiones:** Los resultados obtenidos no evidenciaron existencia de interacción genotipo ambiente.

Palabras clave: Criollo de Cuba; parámetros genéticos. pruebas de comportamiento; valor genético (*Fuente: DeCS*)

Como citar (APA)

Suárez Tronco, M., Rodríguez Castro, M., & Guerra Rojas, M. (2023). Pruebas de comportamiento en ganado Criollo de Cuba bajo diferentes condiciones. *Revista de Producción Animal*, 35(2). <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e4527>



©El (los) autor (es), Revista de Producción Animal 2020. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Attribution-NonCommercial 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), asumida por las colecciones de revistas científicas de acceso abierto, según lo recomendado por la Declaración de Budapest, la que puede consultarse en: Budapest Open Access Initiative's definition of Open Access.

ABSTRACT

Background: Creole breeds are considered locally adapted and hardy. **Objective.** To evaluate the possible presence of genotype environment interaction (IGA). **Methods:** The information pertaining to animals of this breed that were subjected to a performance test (PC) at the "Manuel Fajardo" Genetic and Breeding Enterprise, Granma province, was analyzed. The purified base consisted 2,772 animals (1,532 pedigrees, 72 fathers and 1,193 mothers) born between 1981-2016 were used and the weight at 18 months of age (PA) was used as the test final criterion. Two groups of data were generated based on PA, more than 320 kg (PA) and less (PB), which were analyzed as two different characters and three groups were also formed based on the period analyzed (until 1990, [1] between 1991-2000 [2] and after 2000 [3]). Through multi-character animal models including as sources of variation, for the fixed effects, the contemporary group (herd-year-season), the linear regression of the final age on weight and as random, the additive genetic component and the residue. **Results:** The general means were 349.76 ± 37.17 and 279.16 ± 32.51 kg for PA and PB. For the periods: 414.89 ± 61.44 ; 299.94 ± 51.71 and 312.13 ± 32.39 kg for [1], [2] and [3] respectively. The heritabilities were: 0.27 ± 0.12 ; 0.07 ± 0.07 ; 0.37 ± 0.20 ; 0.27 ± 0.16 and 0.29 ± 0.18 for PAA, PAB, [1], [2] and [3], respectively. The analyzes comparing PA and PB, as well as the 3 periods, showed high genetic correlations, except when comparing up to 1990 and after 2000 ($rg = 0.65$). The correlations between the VGs were also high and positive. **Conclusions:** The results obtained did not show the existence of genotype-environment interaction.

Keywords: Cuban Creole; behavior tests; genetic parameters. genetic value (Source: DeCS)

INTRODUCCIÓN

Las razas o ecotipos criollos existentes en el continente americano suelen ser muy diversos y aunque todos son denominados “criollos”, presuntamente tienen el mismo origen genético a partir de la península ibérica. Posteriormente se fueron desarrollando bajo diferentes condiciones de manejo o sistemas de producción y condiciones climáticas.

Estas razas que son de origen *Bos taurus*, y el resultado de la evolución y adaptación (Guintard, 2016) desde hace más de 500 años, ha demostrado que su origen está relacionado con las razas españolas Rubia Gallega, Asturiana y Andaluza, aunque en Cuba se ha identificado también alguna influencia de animales Cebú (Lirón *et al.*, 2011; Uffo *et al.*, 2012). Estas razas se han considerado como localmente adaptadas y se consideran rústicas. Todo esto que se puede considerar válido debe ser examinado a la luz de las condiciones actuales y en el caso particular del Criollo cubano en la localidad donde se encuentra el rebaño más importante, Suárez Tronco *et al.*, (2021) demostraron un empeoramiento de las condiciones climáticas a través del tiempo, así como de los indicadores de las pruebas de comportamiento, estando ambos aspectos relacionados. Además, Suárez Tronco *et al.* (2022 a y b) concluyeron que aun cuando se reconoce el mérito adaptativo de la misma al clima del país su comportamiento pre destete está afectado por el estrés calórico y se demostró la existencia de una importante variabilidad genética en la forma de respuesta a esta importante característica.

Por lo planteado anteriormente nos trazamos como objetivos en este trabajo valorar el peso final en prueba de comportamiento bajo diferentes condiciones, la estimación de los parámetros genéticos y la posible existencia de interacción genotipo ambiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las condiciones de tenencia de los animales fueron descritas por Suárez Tronco *et al.*, (2021), así como los rasgos estudiados. Se utilizó la información referente a 1 532 pedigrís, de 2 772 animales machos y hembras diferentes, hijos de 72 sementales y 1 193 madres que nacieron entre los años 1981 y 2016 de la Empresa Genética y Cría “Manuel Fajardo” y se utilizó el peso a 18 meses de edad que es el peso final de la prueba.

Primero la información se dividió en dos conjuntos de datos, aquellos que se encontraban por encima de la media para el carácter estudiado (peso final en prueba de comportamiento) y los que estaban por abajo, que se denominaron peso alto (PA) y peso bajo (PB) y se consideraron como dos caracteres distintos para contrastar solamente los valores extremos. Un procedimiento similar ya fue utilizado por Rodríguez y Guerra (2013) en ganado Cebú, pero utilizando la ganancia y Suárez Tronco *et al.* (2020) en ganado Santa Gertrudis. Se depuró la base de datos eliminando aquellos sementales con menos de 5 hijos y grupos contemporáneos menores de tres. La Tabla 1 muestra una descripción de cada subconjunto de datos con la información fundamental.

Tabla 1. Composición genética para los dos ambientes.

Ambiente	n	No. GC	No. padres	No. madres
Alto	1 386	80	73	658
Bajo	1 386	80	64	665

n= número de animales; GC Grupo Contemporáneo; No. Padres y No. madres.

Posteriormente la propia base de datos se subdividió en 3 partes: animales evaluados hasta 1990, entre 1991 a 2000 y posterior al 2000, para considerar el comportamiento de los animales a través del tiempo donde ha existido cambios en el manejo, sistema de producción, etc. (Tabla 2).

Tabla 2. Composición genética para los 3 períodos de tiempo.

Ambiente	n	No. GC	No. padres	No. madres
Hasta 1990	323	22	72	262
1991-2000	371	29	72	277
>2001	752	49	72	574

n= número de animales; GC Grupo Contemporáneo; No. Padres y No. madres

En el primer caso se utilizó un modelo animal bicarácter y para los períodos de tiempo multicarácter. De forma general en función del número de caracteres el modelo planteado es el siguiente:

$$\textbf{Rasgo 1 } \mathbf{y}_1 = \mathbf{X}_1 \boldsymbol{\beta}_1 + \mathbf{Z}_1 \mathbf{a}_1 + \mathbf{e}_1$$

$$\textbf{Rasgo 2 } \mathbf{y}_2 = \mathbf{X}_2 \boldsymbol{\beta}_2 + \mathbf{Z}_2 \mathbf{a}_2 + \mathbf{e}_2$$

Donde:

\mathbf{y}_i = vector de las observaciones para el i -ésimo rasgo.

$\boldsymbol{\beta}_i$ = vector de los efectos fijos para el i -ésimo rasgo (grupo contemporáneo –rebaño, año-época-, regresión lineal de la edad final en el peso final y sexo).

\mathbf{a}_i = vector de los efectos aleatorios del animal para el i -ésimo rasgo.

\mathbf{e}_i = vector de los efectos residuales aleatorios para el i -ésimo rasgo.

\mathbf{X}_i y \mathbf{Z}_i son matrices de incidencia que relacionan el vector de observaciones del i -ésimo rasgo con los efectos fijos y aleatorios (animal), respectivamente.

El modelo se puede ajustar a la estructura de matrices, y si los individuos se ordenan dentro de características, el vector de observaciones (y) sería el siguiente:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_1 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \boldsymbol{\beta}_1 \\ \boldsymbol{\beta}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{Z}_1 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{Z}_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{a}_1 \\ \mathbf{a}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{e}_1 \\ \mathbf{e}_2 \end{bmatrix}$$

Se asume que:

$$\text{var} \begin{bmatrix} \mathbf{a}_1 \\ \mathbf{a}_2 \end{bmatrix} = \mathbf{G} = \begin{bmatrix} g_{11} \mathbf{A} & g_{12} \mathbf{A} \\ g_{21} \mathbf{A} & g_{22} \mathbf{A} \end{bmatrix} = \mathbf{G}_0 \otimes \mathbf{A}$$

Donde:

g_{ij} = ij -ésimo elemento de la matriz \mathbf{G}_0 , lo que representa las varianzas y covarianzas para los efectos aleatorios del animal, con cada elemento definido como:

g_{11} = varianza genética aditiva directa para y_1

g_{22} = varianza genética aditiva directa para y_2

g_{12} y g_{21} = covarianza genética aditiva entre ambos caracteres;

\mathbf{A} = matriz de relaciones genéticas aditivas de tamaño $n \times n$;

\otimes = producto directo

\mathbf{Y}

$$\text{var} \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix} = R = \begin{bmatrix} r_{11}I & r_{12}I \\ r_{21}I & r_{22}I \end{bmatrix}$$

r_{ij} = elementos de la matriz de varianzas y covarianzas (R_0) para los efectos residuales

I = matriz identidad de tamaño $n \times n$.

Lo anterior se generalizó para el multivariable para 3 rasgos.

En todos los casos se estimaron los componentes de varianza y covarianza, así como los parámetros genéticos, heredabilidades (h^2) y correlaciones genéticas. Se utilizó el procedimiento de máxima verosimilitud restringida (REML) y el algoritmo libre de derivadas usando el software MTDFREML (Boldman, *et al.* 1995).

Se calcularon las correlaciones de Pearson y Spearman entre los valores genéticos de los padres evaluados en los diferentes ambientes (alto y bajo, así como entre los períodos de tiempo) como un posible indicador de la presencia de interacción genotipo-ambiente utilizando el procedimiento PROC CORR del SAS 9.4 (2014).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 3 se presentan los estadígrafos generales para PA y PB. Hubo mayor variabilidad para PB y las medias generales para ambos grupos de caracteres fueron para PA $349,79 \pm 37,17$ y para PB $279,16 \pm 32,51$ kg. En PA los animales pesaron 25,3% más. La muestra fue ligeramente más homogénea con un coeficiente de variación 1% menor.

Tabla 3. Estadígrafos generales para los dos ambientes.

Ambiente	n	Media (Kg)	± DE	CV (%)
Alto (PA)	766	349,76	37,17	10,63
Bajo (PB)	766	279,16	32,51	11,65

n = animales con datos; ±DE =desviación estándar; CV =coeficiente de variación.

Con una muestra similar de la misma raza y bajo las mismas condiciones Suárez Tronco *et al.*, (2021) encontraron valores más coincidentes con el PA. Resultados de ganado Criollo son escasos. Bajo el nombre de criollos se mencionan diferentes ecotipos que han sufrido un proceso de diferenciación a través del tiempo y no son estrictamente comparables y mucho más si se consideran pruebas de comportamiento, las que también difieren en sus características.

En razas criollas en Colombia en rebaños en conservación como parte del programa de recursos genéticos animales, en la raza Romosinuano, Ossa, Suárez y Pérez (2007) reportaron para peso a los 16 meses, $247,18 \pm 33,81$ kg y Martínez, Onofre y Polanco (2009) en animales criollos Sanmartinero reportaron valores medios de $222,58 \pm 39,6$ kg, todos inferiores a los resultados en

PB, pero con menor edad. En ambos casos la variabilidad de los datos fue superior (13,67 y 17,79%, respectivamente).

En la Tabla 4 aparecen los resultados obtenidos en el análisis bicáracter considerando los dos conjuntos de datos como rasgos independientes según lo planteado por Falconer y Mackay (2006) como una vía para determinar posible interacción genotipo-ambiente.

La heredabilidad (h^2) para peso final alto fue casi cuatro veces mayor que en el ambiente bajo, aparentemente por una mayor varianza aditiva, lo que corrobora la necesidad de que los animales expresen sus potencialidades genéticas con condiciones adecuadas de tenencia, lo que por demás es un requisito obvio para un sistema de producción eficiente.

Los resultados obtenidos se encuentran en el rango de algunos trabajos en Colombia en la raza Romosinuano de $h^2 = 0.21$ (Ossa *et al.* 2014), pero valores más altos ($h^2 = 0.38$) se han encontrado en el criollo Blanco Orejinegro y de $h^2 = 0.37$ en Romosinuano (Bejarano, 2016), así como $h^2 = 0.36$ en ganado Costeño con Cuernos (Vergara *et al.* 2018). En cambio, Wasike *et al.* (2009), con animales Boran en Kenia, reportaron estimaciones de $h^2 = 0.08$ para características de crecimiento a los 18 meses de edad. Más recientemente en Romosinuano también se han reportado valores de h^2 bajos (0.13) por López-Martínez, Ossa-Saraz y Santana-Rodríguez (2021).

Tabla 4. Componentes de varianza y covarianza, parámetros genéticos y sus errores estándar para PA y PB.

Estimados	PA	PB
$\sigma^2 A$	210,59	38,74
$\sigma A (AB)$	90,31	
$\sigma^2 E$	582,79	521,17
$\sigma E(AB)$	527,35	
$\sigma^2 P$	793,38	559,91
$\sigma P(AB)$	617,66	
$h^2 \pm ee$	$0,26 \pm 0,12$	$0,07 \pm 0,07$
rg	$0,99 \pm 0,08$	
re	$0,96 \pm 0,07$	
rp	$0,93 \pm 0,06$	

$\sigma^2 A$ = varianza genética aditiva, $\sigma A (AB)$ = covarianza genética, $\sigma^2 E$ = varianza residual, $\sigma E(AB)$ = covarianza residual, $\sigma^2 P$ = varianza fenotípica, $\sigma P(AB)$ = covarianza fenotípica, $h^2 \pm ee$ = heredabilidad y error estándar, rg, re y rp= correlaciones genética, residual y fenotípica, respectivamente. PA y PB= pesos finales en prueba de comportamiento, alto y bajo, respectivamente.

Teniendo en cuenta las diferencias notables entre las heredabilidades las precisiones de los valores genéticos de cada grupo deben haber sido diferentes y por tanto hubiera sido adecuado estimar una correlación ponderada por las precisiones de los VG.

En la figura 1 se presenta la distribución de los valores genéticos de los 72 sementales en el ambiente alto que fue similar a lo encontrado en el ambiente bajo, pero con una menor variabilidad de los datos. Se puede apreciar como 44 sementales de 72, el 61,1% se encuentran con VG entre -2,63 y +3,87 kg. Los rangos en general fueron desde -12,28 a +11,18 kg para PB y

desde -28,63 a +26,08 kg para PA. Solo 15 sementales el 20,8% fueron mejoradores. Las correlaciones, tanto entre los VG (0,99) como entre los órdenes de mérito entre ambos ambientes ($r=1$) no demuestran la existencia de interacción genotipo ambiente.

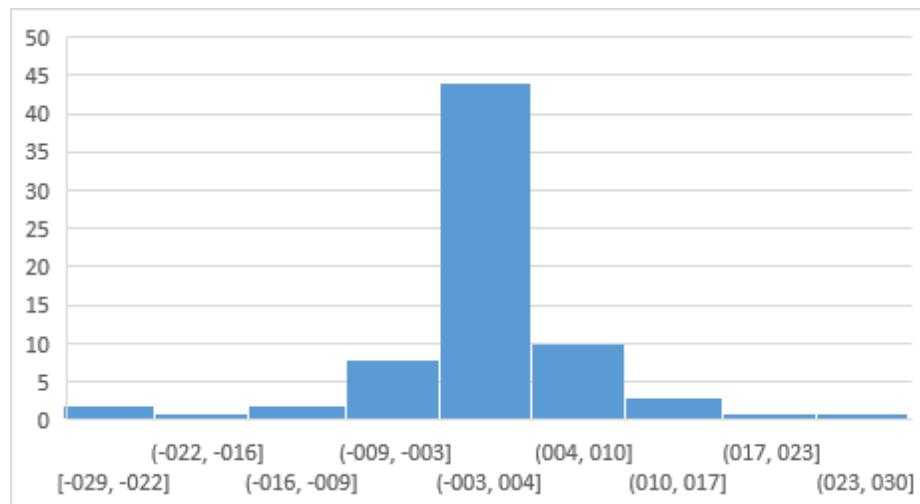


Figura 1. Distribución de frecuencias de los VG para peso final en condiciones altas.

Los estadígrafos generales para las pruebas de comportamiento en los 3 períodos de tiempo analizados se presentan en la tabla 5. Se puede apreciar como después de un buen comportamiento durante los primeros años en que se instauraron las pruebas, estas tocaron fondo en el periodo posterior de crisis de la economía cubana y hay una ligera recuperación posterior.

Tabla 5. Comportamiento de los animales en prueba de comportamiento para peso final.

Año	Animales	Media (kg)	DS (kg)	CV (%)
Hasta 1990	323	414,89	61,40	14,62
1991-2000	371	299,94	51,71	17,24
Después de 2000	752	312,13	32,39	10,38

En la tabla 6 se presentan los parámetros genéticos de forma independiente para los 3 períodos analizados. Solo en los dos períodos extremos (hasta 1990 con después de 2000) se puede hablar de rasgos independientes dado el valor de la correlación genética. Las correlaciones genéticas entre períodos adyacentes fueron superiores.

Continuando con los 3 diferentes períodos de tiempo para los 72 sementales que se encuentran representados no hubo cambios en el orden de mérito importantes y se muestra un paralelismo estable (Figura 2). Las correlaciones entre los VG variaron entre 0,93 comparando los períodos antes de 1990 y después de 2000 y 0,99 entre antes de 1990 y hasta el 2000, y las correlaciones de rango tuvieron la misma tendencia y se movieron entre 0,94 y 0,98. Las correlaciones entre los períodos más próximos tendieron a ser más altas. La amplitud entre los VG fue menor a medida que nos acercamos en el tiempo. Los VG antes de 1990 variaron entre -92,22 a +58,24 (Figura 3)

y después de 2001 entre -21,74 a 20,84 (figura 4). Ambas distribuciones son parecidas y el mayor porcentaje de observaciones se encuentran desplazados hacia los valores negativos.

Tabla 6. Heredabilidades y correlaciones genéticas para el peso final en los 3 períodos analizados.

	Hasta 1990	1991-2000	Después de 2000
Hasta 1990	0,37 ± 0,20	0,93 ± 0,15	0,62 ± 0,15
1991-2000		0,27 ± 0,16	0,86 ± 0,16
Después de 2000			0,29 ± 0,18

Nota: heredabilidades en la diagonal y las correlaciones genéticas fuera de la diagonal.

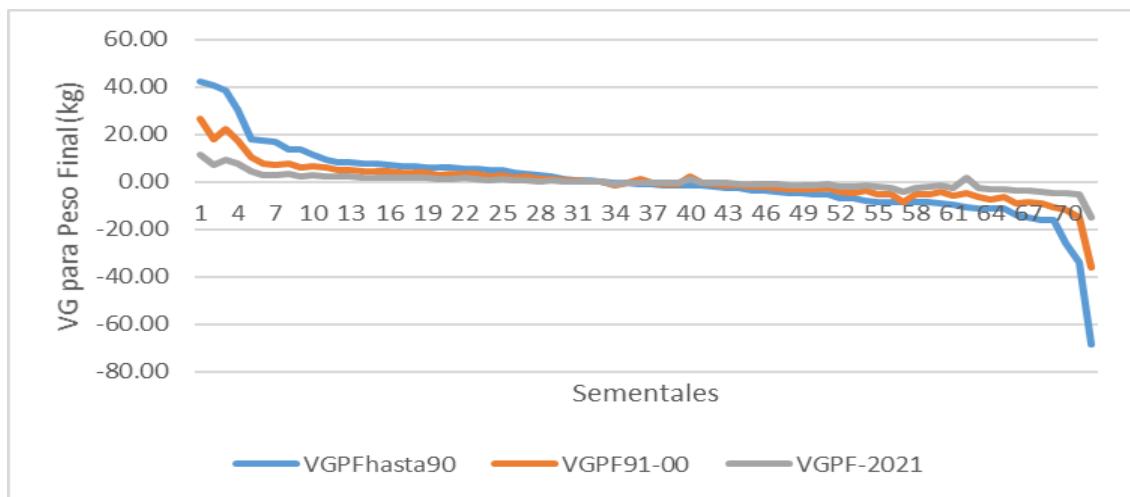


Figura 2. Valores genéticos de los sementales a través del tiempo.

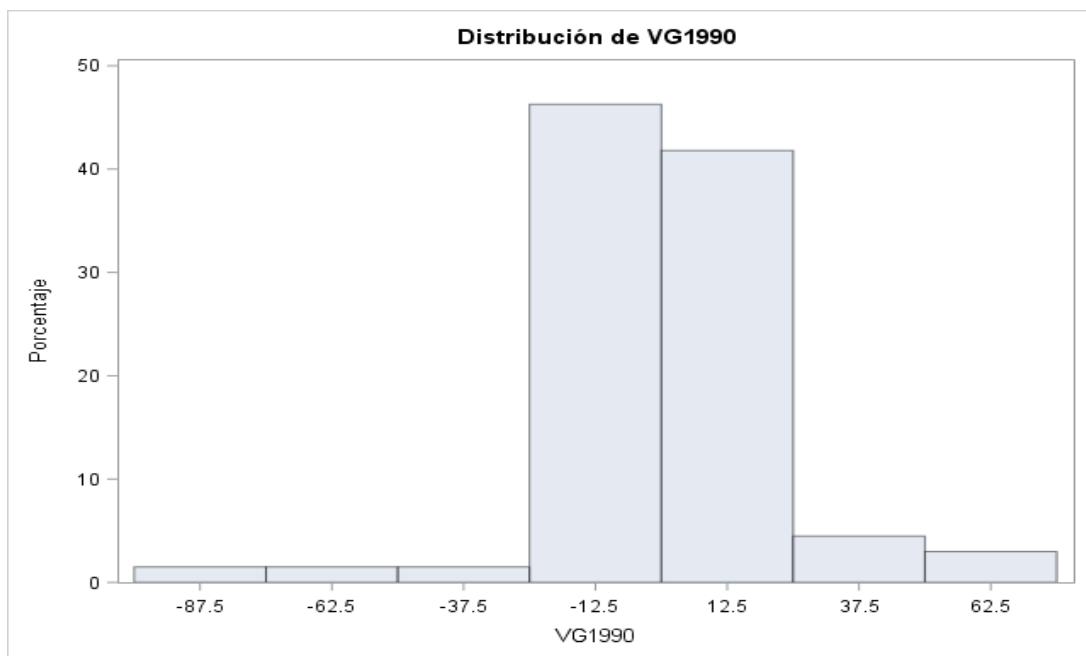


Figura 3. Distribución de frecuencias de los valores genéticos antes de 1990.

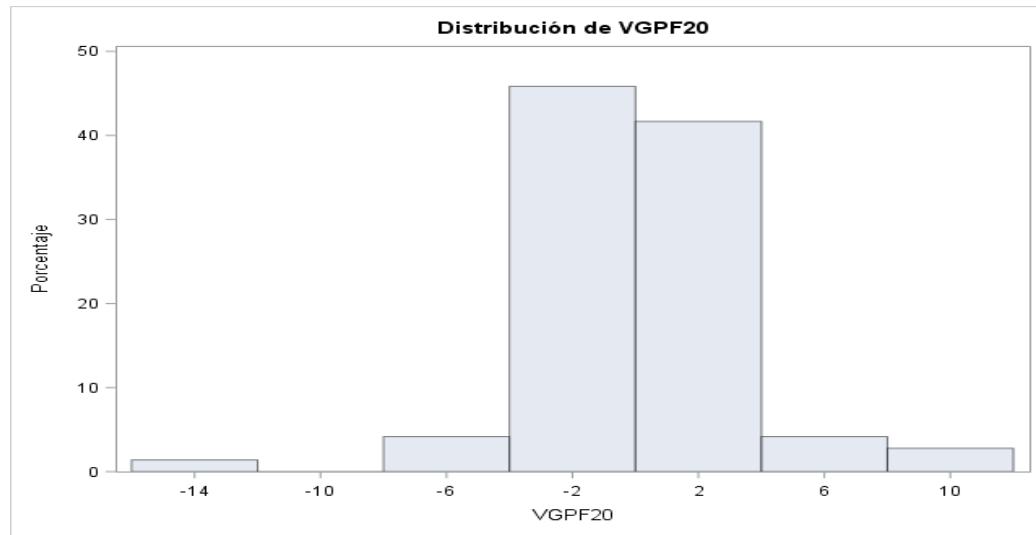


Figura 4. Distribución de frecuencias de los valores genéticos después de 2001.

La tendencia genética con estos sementales se presenta en la figura 5 la que resulta muy errática (muy pocas observaciones) y tiende a cero, aunque es positiva (128 g/año). La tendencia fenotípica fue presentada para el mismo grupo de animales por Suárez Tronco *et al* (2021), demostrándose que el peso final en prueba de comportamiento se ha reducido en el tiempo y vemos en la figura 5 cómo la mejora genética no ha sido completamente capaz de contrarrestar los efectos ambientales (sistema de manejo y alimentación). En aquel trabajo se evidenció la influencia del índice temperatura humedad (ITH) que deprime el peso final en prueba de comportamiento como la variable climática principal. Se puede observar a partir de 1980, que después de un decrecimiento la tendencia vuelve a ser positiva. De todas formas, el R^2 de la ecuación de regresión no fue significativa (Figura 5).

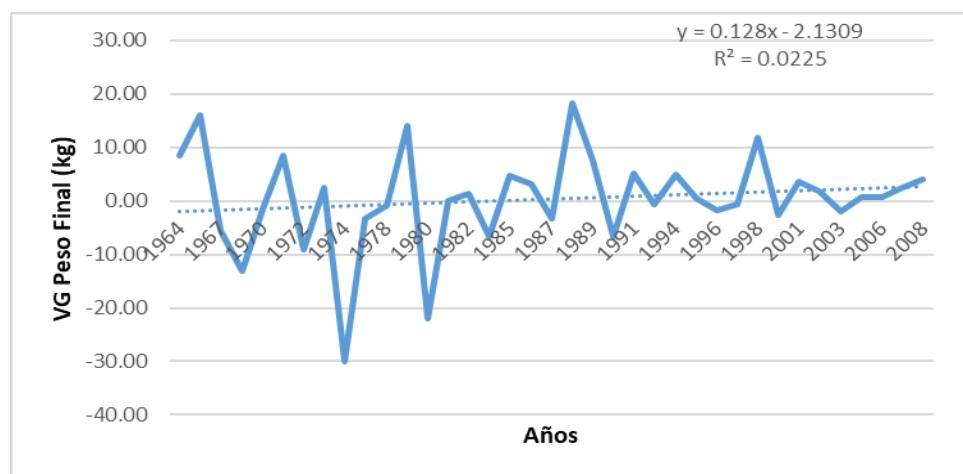


Figura 5. Tendencia genética del peso final en prueba de comportamiento para los 72 sementales considerados.

Ossa-Saraz *et al* (2014) en ganado Romosinuano encontraron tendencias genéticas para peso a 16 meses de edad similares (113 g/día) pero en un rebaño en conservación, mientras que Vergara-Garay, Simanca-Sotelo y Salgado-Otero (2014) en un rebaño multirracial de ganado de carne, también en Colombia, pero para la ganancia hasta 18 meses de edad encontraron tendencias negativas. Rocha-Rodrigues *et al* (2022) en ganado Nellore en Brasil encontraron tendencias genéticas para peso a 16 meses que oscilaron entre -1,29 y 12,51 kg/año, rango inferior al reportado en este trabajo, pero téngase en cuenta que se hizo con solo 72 sementales y por la vía macho.

Naves y Menéndez-Buxadera (2005) en ganado Criollo en Guadalupe analizaron el aumento de peso en 3 sistemas de pastoreo en pruebas de comportamiento y encontraron que el sistema de manejo y alimentación intensivo no representa el mismo carácter registrado en pastoreo o en un sistema intermedio y resaltan la importancia del ambiente pre destete que debe ser considerado en los modelos de análisis. Para este trabajo no tuvimos en consideración dicho ambiente, aunque para esta misma población de animales Criollos en Cuba (Suárez Tronco *et al.*, 2022 a y b) estudiaron el peso al destete en relación con el índice temperatura humedad (ITH) y la carga calórica acumulada y en esta raza autóctona en Cuba desde hace más de 5 siglos, encontraron que el estrés calórico afecta el comportamiento pre destete, además se estimaron los componentes de (co)varianza genética y heredabilidad del estrés climático sobre el peso al destete (PD) y se pudo demostrar la existencia de una importante variabilidad genética en la forma de respuesta al estrés climático.

Carabaño *et al* (2019) en una revisión donde se aborda la selección para tolerancia al calor, y cómo medir dicha tolerancia en los animales y la variabilidad genética y su relación con las evaluaciones genéticas plantean que la selección de animales tolerantes y su antagonismo con la productividad puede ser un desafío, así como la relación existente con los sistemas de producción, y los complejos sistemas fisiológicos que intervienen en estos procesos.

Gredler-Grand *et al.*, (2022) con ganado lechero irlandés puro y en cruces analizaron la edad de sacrificio a través de un gradiente ambiental y encontraron interacción genotipo ambiente en ambientes extremos.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos nos hacen suponer que la interacción genotipo ambiente en el ganado Criollo en función de niveles altos y bajos y en 3 períodos de tiempo no aseveran la existencia de interacción genotipo ambiente para peso final en las pruebas de comportamiento.

AGRADECIMIENTOS

Los resultados presentados son parte de un proyecto financiado por FONCI en virtud del contrato No.19 de 2020.

Agradecemos el análisis crítico del manuscrito por el Dr. Cs. Alberto Menéndez-Buxadera.

REFERENCIAS

- Bejarano Garavito, D. H. (2016). *Estudio de asociación genómica para características de crecimiento en las razas bovinas Criollas Blanco Orejinegro y Romosinuano* (Doctoral dissertation). <https://repositorio.unal.edu.co>
- Boldman, K. G., Kriese, L. A., Van Vleck, L. D., & Kachman, S. D. (1995). A set programs to obtain estimates of variances and covariance. A manual for use of MTDFREML. *Lincoln: Departament of Agriculture, Agricultural Research Service.* <https://data.nal.usda.gov/dataset/mtdfreml>
- Carabaño, M. J., Ramón, M., Menéndez-Buxadera, A., Molina, A., & Díaz, C. (2019). Selecting for heat tolerance. *Animal Frontiers*, 9(1), 62-68. <https://academic.oup.com/af/article/9/1/62/5272574>
- Falconer, D., & Mackay Trudy, F. (2006). Introducción a la genética cuantitativa. España: Ed. Acribia, S. A. <https://www.editorialacribia.com>libro>.
- Gredler-Grandl, B., Vandenplas, J., Twomey, A., & Calus, M. (2022). Genotype by environment interaction for age at slaughter in Irish dairy and beef crossbreds using a genomic reaction norm model. *Interbull Bulletin*, (57), 84-88. <https://journal.interbull.org/index.php/ib/article/view/1852>.
- Quintard, C. (2017). Los animales también participan en la historia global. Las primeras importaciones de bovinos a América a partir del segundo viaje de Cristóbal Colón (1493). In *Carolus: Homenaje a Friedrich Edelmayer* (pp. 151-156). Ayuntamiento de Alcalá la Real (Jaén). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6198722>.
- Liron, J. P., Acosta, A., Rogberg Muñoz, A., Uffo, O., Posik, D. M., García, J., ... & Giovambattista, G. (2011). Origin of Cuban Creole cattle inferred by patri-and matrilineages. *Archivos de zootecnia*, 60. <http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/az.php>.
- Martínez, J. L. L., Saraz, G. A. O., & Rodríguez, M. O. S. (2021). Estimación de parámetros genéticos para caracteres de crecimiento en bovinos criollos Romosinuano. *Revista colombiana de ciencia animal recia*, 13(2), 13-23. <https://doi.org/10.24188/recia.v13.n2.2021.845>
- 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. <https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/142>

- Navès, M., & Buxadera, A. M. (2005). Interacción genotipo ambiente sobre el crecimiento posdestete en vacuno criollo de Guadalupe. *Archivos de Zootecnia*, 54(206-207), 377-384. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49520741>
- Saraz, G. O., Pérez, H. N., Márquez, J. N., & Pérez, J. E. (2014). Parámetros y tendencias genéticas para características de crecimiento en una población de ganado criollo Romosinuano. *Livestock research for rural development*, 26, 10. <http://www.lrrd.org/lrrd26/10/ossa26191.html>
- Ossa, G. A., Suárez, M. A., & Pérez, J. E. (2007). Efectos del medio y la herencia sobre los pesos al nacimiento, al destete ya los 16 meses de edad en terneros de la raza criolla Romosinuano. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 8(2), 81-92. <http://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/98>
- Rodrigues, M. R., Espigolan, R., Ferraz, J. B. S., Bussiman, F. O., Toniolli, R., Lôbo, R. B., ... & Ferreira, J. L. (2022). Genetic parameters and trends of growth traits in Nelore cattle raised in the Northern region of Brazil. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 59, E194204-E194204. <https://doi.org/10.11606/issn.1678-4456.bjvras.2022.194204>
- Rodríguez, Y., & Guerra, D. (2013). Evidencia de interacción genotipo-ambiente para peso final en prueba de comportamiento en el Cebú Cubano. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 47(1), 13-17. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193028545003.pdf>
- SAS (2014). *User's Manual of Statistical Analysis System* (SAS) (Version 9.4). Cary, NC. <https://www.scirp.org>reference>.
- Suarez Tronco, M., Rodríguez, M., Coss, Y., Mitat, A., Ramos, F., & Menéndez-Buxadera, A. (2022a). Importancia de la tolerancia al estrés climático sobre el peso al destete en el vacuno Criollo de Cuba. *Livestock Research for Rural Development* 34(07). <http://www.lrrd.org/lrrd34/7/3455marc.html>
- Suárez Tronco, M., Rodríguez Castro, M., Cos Domínguez, Y., Lamothe Crespo, Y., Guerra Rojas, M., & Martínez Gutiérrez, M. (2021). Caracterización climática de la EPG “Manuel Fajardo” y su relación con las pruebas de comportamiento en ganado Criollo cubano. *Revista de Producción Animal*, 33(1). <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e 3591>
- Suárez Tronco, Marco Antonio., Rodríguez Castro, Manuel., Guerra Rojas, María del Carmen., & Martínez Gutiérrez, María Segunda. (2020). Interacción genotipo-ambiente en ganado de la raza Santa Gertrudis en Cuba. *Revista de Producción Animal*, 31(3), <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e3259>
- Suarez Tronco, M., Rodríguez, M., Mitat, A., & Menéndez-Buxadera, A. (2022b). Componentes de (co)varianza y heredabilidad para tolerancia al stress térmico sobre el peso al destete en

- animales Criollo de Cuba. *Livestock Research for Rural Development* 34 (9). <http://www.lrrd.org/lrrd34/9/3476marc.html>.
- Uffo, O., Acosta, A., Martinez, S. & Ronda, R. 2012 Genetic characterization of Cuban Creole cattle using molecular tools. *Biotecnología Aplicada*, 29 (1). <https://elfosscientiae.cigb.edu.cu/PDFs/Biotecnol%20Apl/2012/29/2/BA002902RP127-28.pdf>.
- Garay, O. V., García, J. P., Márquez, J. N., Martínez, L. C., & Humanez, N. M. (2018). Análisis multicarácter para estimar componentes de (co) varianza en características de crecimiento en bovinos costeño con cuernos. *Livestock research for rural development*, 30, 9. <http://www.lrrd.org/lrrd30/9/overg30161.html>.
- Garay, O. V., Sotelo, J. S., & Otero, R. S. (2014). Heredabilidades, correlaciones y tendencias genéticas para características pre y posdestete en una población multirracial de ganado de carne en Colombia. *Revista Científica*, 24(4), 331-340. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/7230/7301&tbn=ilp>
- Wasike, C. B., Indetie, D., Ojango, J. M., & Kahi, A. K. (2009). Direct and maternal (co) variance components and genetic parameters for growth and reproductive traits in the Boran cattle in Kenya. *Tropical Animal Health and Production*, 41, 741-748. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18958578>.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Concepción y diseño de la investigación: MAST, MCGR; análisis e interpretación de los datos: MAST, MRC.; MCGR; redacción del artículo: MAST, MRC.; MCGR.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflicto de intereses.