

HEREDABILIDADES DIRECTA Y MATERNA DEL PESO AL DESTETE EN BOVINOS CRIOLLOS EN LA CUENCA DEL SALADO

Direct and materna heritabilities for weaning weight in creole cattle in the Salado Basin

Topayan MV*, Erneta L, Abbiati NN, Martínez RD

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Argentina.

Instituto de Investigación sobre Producción Agropecuaria, Ambiente y Salud (IIPAAS)

*E-mail de contacto: vtopayan@agrarias.unlz.edu.ar

Resumen

La Cuenca del Salado es la zona de mayor producción de terneros para carne de Argentina. La raza bovina Criolla es minoritaria y poco estudiada en esta región. Los objetivos del trabajo son describir la evolución fenotípica del peso al destete (PDTT) en un rodeo de la raza Criolla Argentina ubicado en la Cuenca del Salado, estimar sus componentes de varianza, parámetros genéticos y predecir las diferencias esperadas entre progenies (DEPs). Se dispuso de una base de datos de 29 años (1992-2020), utilizándose 1155 registros correspondientes a terneros hijos de 123 madres que ya finalizaron su vida productiva y 46 toros padres. Se empleó un modelo de efectos maternos, considerando como efectos fijos al año y estación de nacimiento del ternero, el sexo de la cría y a la edad de las hembras al destete. El PDTT promedio fue de $209,10 \pm 28,51$ kg con una edad promedio de 222 ± 19 días. Las heredabilidades directa y materna fueron estimadas en $0,46 \pm 0,12$ y $0,05 \pm 0,06$, respectivamente, con un rango de DEPs que osciló entre $17,09 \pm 5,31$ kg y $13,92 \pm 5,11$ kg y una media de $0,36 \pm 0,13$. El número promedio de crías por vaca, a lo largo de su vida, fue de 9,55. Los resultados indican que la utilización más frecuente de raza Criolla en pureza racial o en cruzamientos puede mejorar los índices productivos de la cría bovina de la región.

Palabras clave. cría, heredabilidad, DEPs

ABSTRACT

The Salado Basin is the leading region for calf production in Argentina's beef industry. Creole cattle breed is a minority and remains under-researched in this area. The goals of this study were to describe the phenotypic evolution of weaning weight (PDTT) in Argentine Creole cattle herd located in the Salado Basin, estimate its variance components and genetic parameters, and predict the expected progeny differences (EPDs). A 29-year database (1992-2020) was used, comprising 1,155 records from calves born to 123 dams that had completed their productive lifespan and 46 sires. A maternal effects model was employed, considering year and season of birth, calf sex, and dam age at weaning as fixed effects. The average PDTT was 209.10 ± 28.51 kg. Direct and maternal heritability for PDTT were estimated in 0.46 ± 0.12 and 0.05 ± 0.06 , whereas EPD ranged from -17.09 ± 5.31 kg to 13.92 ± 5.11 kg, with a mean of 0.36 ± 0.13 . The average number of calves per cow during her lifespan was 9.55. The results indicate that increased use of the Creole breed, either in purebred or crossbreeding systems, could enhance the productive indices of cattle breeding in the region.

Key words. cattle breeding, heritability, EPDs

Recibido: diciembre 2024

Aceptado: junio 2025

Introducción

La raza bovina Criolla Argentina es la fundadora de nuestra ganadería y su aporte al desarrollo económico, social y cultural de nuestro país ha sido trascendente. Fue pilar en la formación de las ciudades y siendo la única raza, funcionó como multipropósito, produciendo carne, cuero, sebo, grasa, leche y realizando trabajos de todo tipo, transporte, carga y agricultura. La selección natural actuó sobre ella, la hizo resiliente, adaptable, longeva, fértil, heterogénea fenotípicamente, así lo refleja su diversidad de pelajes (Martínez 2008). A mediados del siglo XIX comenzaron a ingresar las razas británicas a la zona pampeana para iniciar un proceso al que se denominó “refinamiento ganadero” (Sesto 2003). Contrariamente a la raza Criolla, las británicas se identificaban por su uniformidad fenotípica y sus pelajes definidos, logrados mediante selección artificial y apareamientos entre individuos emparentados (Bavera 2011). Este marcado contraste (distancia genética), favoreció la expresión del vigor híbrido en los animales crusa, mejorando la producción de carne de la región pampeana a fines del siglo XIX y principios del siglo XX (Holgado *et al.* 2021). Al mismo tiempo, las mejoras tecnológicas como el alambrado, la siembra de alfalfa y la aparición del frigorífico, favorecieron la expansión de la ganadería bovina a comienzos del siglo XX (Barsky y Gelman 2009). Este fenómeno aceleró el cambio racial bovino en la provincia de Buenos Aires, hasta llegar a la situación actual en que las razas utilizadas, mayoritariamente, son las británicas (Aberdeen Angus, Hereford y sus cruzas); aunque existen rodeos de otras razas y cruzas (Rearte 2011).

Actualmente, la Cuenca del Salado es la zona de mayor producción de terneros para carne de Argentina. La misma se realiza sobre pastizales naturales y pasturas en condiciones de secano, con limitaciones edáficas características en gran parte de su superficie, por lo cual la magnitud de la producción está fuertemente influida por las condiciones climáticas (Urcola *et al.* 2018). Frente a las condiciones climáticas cambiantes, en situaciones de estrés, los bovinos Criollos, comparados con otras razas, cuentan con variabilidad genética para una mejor aptitud reproductiva, homeostasis en la temperatura corporal, mejor supervivencia, y menor impacto ambiental en pastoreo (Núñez-Domínguez *et al.* 2016). Si bien la raza bovina Criolla Argentina forma parte de la historia económica bonaerense, actualmente es minoritaria en la Cuenca del Salado y aún no se han reportado trabajos que estudien su productividad y estimen los parámetros genéticos de aquellos caracteres que revisten importancia económica para la zona.

El peso al destete de los terneros (PDTT), es un carácter al que se le asigna gran importancia productiva en los rodeos de cría, debido a que influye en la determinación de la eficiencia económica de la empresa ganadera y, además, puede ser tomado como criterio para la selección de reproductores (Ferraz Filho *et al.* 2002). De hecho, en Argentina, es uno de los caracteres más relevantes en las evaluaciones genéticas de reproductores, que se realizan sobre las principales razas carníceras utilizadas en la región, con el aval de sus asociaciones de criadores (Asociación Argentina de Angus 2023; Asociación Argentina de Hereford 2023). El PDTT es un carácter influido por diversos componentes aportados por individuos relacionados, principalmente la madre y la cría. En mamíferos, el crecimiento durante la lactancia depende tanto

del potencial de crecimiento de la cría -donde se mide el carácter- como del ambiente proporcionado por la madre. Así, el valor fenotípico observado incluye al menos dos componentes: uno directo, de la cría, y otro materno, ambiental, aportado por la madre. Aunque este efecto materno es estrictamente ambiental desde la perspectiva de la cría, las diferencias entre madres en este aspecto se reflejan en los fenotipos de sus descendientes. Por definición, un efecto materno es un valor fenotípico de la madre mensurable sólo como parte del fenotipo de su cría. Además de este efecto, la madre transmite la mitad de su dotación génica a la progenie, por lo que contribuye al PDTT tanto genética como ambientalmente, a diferencia del padre, cuya influencia es exclusivamente genética (Willham, 1972). Los objetivos del trabajo son describir la evolución fenotípica del PDTT de los terneros en un rodeo de la raza bovina Criolla Argentina ubicado en la Cuenca del Salado, estimar los componentes de varianza bajo un modelo con efectos maternos, sus parámetros genéticos y las diferencias esperadas entre las progenies (DEPs).

Materiales y Métodos

Se trabajó con una base de datos de 29 años (1992-2020) de la raza bovina Criolla Argentina perteneciente al establecimiento Cruz de Guerra, ubicado en la localidad de 25 de Mayo, provincia de Buenos Aires. El rodeo se encuentra registrado en la Asociación Argentina de Criadores de Ganado Bovino Criollo Argentino (ACGBCA) y se desarrolla bajo manejo extensivo sobre campo natural con algún rastrojo. Se realiza servicio natural estacionado y dirigido de tal manera que se identifican los animales para poder determinar genealogía. El pedigree evaluado involucró a 1265 animales (7 generaciones y 54 animales con al menos un parente desconocido). Se utilizaron 1155 registros de PDTT, todos correspondientes a terneros hijos de 123 madres que ya finalizaron su vida productiva y 46 toros padres. Estas madres se clasificaron según su edad al primer parto (EPP) en dos categorías: EPP24 = Primer parto a los 24 meses ($n=54$) y EPP36 = Primer parto a los 36 meses ($n=69$). Como trabajo de rutina, en el establecimiento se registran los datos de precipitación mensual desde el año 1935 a la actualidad. Esto permitió estimar las precipitaciones anuales para el período bajo estudio, para ser utilizadas como indicador anual de disponibilidad forrajera. A efectos de verificar la asociación entre la magnitud de las precipitaciones anuales y el promedio de los PDTT registrados en cada año, se calculó la correlación de Pearson entre ambas variables. Además, se calculó el PDTT promedio de los terneros, en función del orden de parto. El PDTT es una característica influenciada por efectos maternos. Los modelos que incorporan efectos genéticos directos, genéticos maternos y de ambiente permanente materno ofrecen el mejor ajuste para esta variable (Pérez *et al.* 2020). La implementación de este modelo requiere que al menos el 40% de las madres consideradas presenten dato propio para PDTT (Gerstmayr 1992; Maniatis y Pollot 2003). Por otro lado, es necesario que el número de crías por vaca sea mayor a 2 como así también son necesarias buenas relaciones de parentesco entre las madres; esto es, la existencia de grupos de hermanas completas, medio hermanas y otras relaciones. Sin embargo, en este conjunto de datos sólo fue posible asegurar el

cumplimiento del segundo requisito, por lo que se procedió desestimar la inclusión de los efectos ambientales de las madres para la estimación de componentes de varianza y parámetros genéticos. En consecuencia, el modelo a implementar fue:

$$\mathbf{y} = \mathbf{Xb} + \mathbf{Zd} + \mathbf{Wm} + \mathbf{e}$$

donde \mathbf{y} es el vector de observaciones para PDTT (1151x1); \mathbf{b} , el vector de efectos fijos (59x1) que incluye sexo de la cría con 2 niveles (M = macho, H = hembra); edad al destete (en días) como covariante; año y estación de nacimiento (HYS) con 56 niveles como efecto grupo de contemporáneos, contemplando que en cada grupo haya más de 5 animales; \mathbf{d} es el vector de efectos genéticos directos para todos los animales (1265x1); \mathbf{m} , el vector de efecto de efectos genéticos maternos para todos los animales (1265x1) y \mathbf{e} , el vector de errores (1155x1). Las especificaciones del modelo respecto a la varianza de los efectos aleatorios implican que:

$$var \begin{vmatrix} \mathbf{d} \\ \mathbf{m} \\ \mathbf{e} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} g_{11}\mathbf{A} & g_{12}\mathbf{A} & 0 \\ g_{21}\mathbf{A} & g_{22}\mathbf{A} & 0 \\ 0 & 0 & I\sigma_E^2 \end{vmatrix}$$

Donde g_{11} representa la varianza genética aditiva para los efectos directos; g_{22} , la varianza genética aditiva para los efectos maternos; g_{12} , la covarianza entre los efectos genéticos aditivos directos y maternos; \mathbf{A} representa la matriz de relaciones aditivas; y σ_E^2 , la varianza del error. Los componentes de varianza fueron estimados mediante la implementación del algoritmo EM-REML (Dempster *et al.* 1977) con 100 iteraciones, punto a partir del cual se implementa el algoritmo de *Average Information* a fin de garantizar convergencia (alcanzada con 116 iteraciones). Los parámetros genéticos heredabilidad y repetibilidad fueron estimados como cocientes de los componentes de varianza. La heredabilidad total para PDTT bajo un modelo animal que considera efectos maternos (h_{PDTT}^2) fue calculada como:

$$h_{PDTT}^2 = \frac{(\hat{\sigma}_d^2 + 0,5\hat{\sigma}_m^2 + 1,5\hat{\sigma}_{md})}{\hat{\sigma}_P^2} \text{ (Willham, 1972),}$$

Donde $\hat{\sigma}_d^2$, $\hat{\sigma}_m^2$ y $\hat{\sigma}_{md}$ representan la varianza genética aditiva estimada para los efectos directos, maternos y covarianza entre efectos genéticos aditivos directos y maternos, respectivamente; $\hat{\sigma}_P^2$ representa la varianza total y es igual a:

$$\hat{\sigma}_P^2 = \hat{\sigma}_d^2 + \hat{\sigma}_m^2 + 2 * \left(\frac{1}{2} \hat{\sigma}_{md} \right) + \hat{\sigma}_E^2$$

Por su parte, se calculó la heredabilidad atribuible a los efectos genéticos aditivos maternos (h_m^2) del siguiente modo:

$$h_m^2 = \frac{\hat{\sigma}_m^2}{\hat{\sigma}_P^2},$$

Se definió a la correlación estimada entre los efectos genéticos directos y maternos (r_{dm}) como sigue:

$$r_{dm} = \frac{\hat{\sigma}_{md}}{\sqrt{\hat{\sigma}_d^2 \hat{\sigma}_m^2}}$$

La DEP para PDTT del i -ésimo animal fue calculada como:

$$DEP_i = 1/2 \hat{d}_i,$$

donde \hat{d}_i representa el valor genético directo predicho para el i -ésimo animal. La predicción de los valores de cría para PDTT de todos los animales se obtuvo como:

$$[\hat{\mathbf{d}}] = [c^{21} \mathbf{X}' \mathbf{y} + c^{22} \mathbf{Z}' \mathbf{y} + c^{23} \mathbf{W}' \mathbf{y}]$$

por medio de la resolución de las ecuaciones del modelo mixto:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{X}' \mathbf{X} & \mathbf{X}' \mathbf{Z} & \mathbf{X}' \mathbf{W} \\ \mathbf{Z}' \mathbf{X} & \mathbf{Z}' \mathbf{Z} + \mathbf{A}^{-1} \boldsymbol{\alpha}_1 & \mathbf{Z}' \mathbf{W} + \mathbf{A}^{-1} \boldsymbol{\alpha}_2 \\ \mathbf{W}' \mathbf{X} & \mathbf{W}' \mathbf{Z} + \mathbf{A}^{-1} \boldsymbol{\alpha}_2 & \mathbf{W}' \mathbf{W} + \mathbf{A}^{-1} \boldsymbol{\alpha}_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\mathbf{d}} \\ \hat{\mathbf{m}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}' \mathbf{y} \\ \mathbf{Z}' \mathbf{y} \\ \mathbf{W}' \mathbf{y} \end{bmatrix}$$

Con

$$\mathbf{G} = \begin{vmatrix} g_{11} & g_{12} \\ g_{21} & g_{22} \end{vmatrix}; \quad \mathbf{G}^{-1} = \begin{vmatrix} g_{11} & g_{12} \\ g_{21} & g_{22} \end{vmatrix}^{-1} \begin{vmatrix} \boldsymbol{\alpha}_1 & \boldsymbol{\alpha}_2 \\ \boldsymbol{\alpha}_2 & \boldsymbol{\alpha}_3 \end{vmatrix} = \sigma_E^2 \mathbf{G}^{-1}$$

Surgiendo los coeficientes de la predicción del valor de cría de la inversa generalizada de la matriz de coeficientes de la ecuación anterior:

$$\begin{bmatrix} \hat{\mathbf{b}} \\ \hat{\mathbf{d}} \\ \hat{\mathbf{m}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}' \mathbf{X} & \mathbf{X}' \mathbf{Z} & \mathbf{X}' \mathbf{W} \\ \mathbf{Z}' \mathbf{X} & \mathbf{Z}' \mathbf{Z} + \mathbf{A}^{-1} \boldsymbol{\alpha}_1 & \mathbf{Z}' \mathbf{W} + \mathbf{A}^{-1} \boldsymbol{\alpha}_2 \\ \mathbf{W}' \mathbf{X} & \mathbf{W}' \mathbf{Z} + \mathbf{A}^{-1} \boldsymbol{\alpha}_2 & \mathbf{W}' \mathbf{W} + \mathbf{A}^{-1} \boldsymbol{\alpha}_3 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \mathbf{X}' \mathbf{y} \\ \mathbf{Z}' \mathbf{y} \\ \mathbf{W}' \mathbf{y} \end{bmatrix}$$

donde

$$\begin{bmatrix} \mathbf{X}' \mathbf{X} & \mathbf{X}' \mathbf{Z} & \mathbf{X}' \mathbf{W} \\ \mathbf{Z}' \mathbf{X} & \mathbf{Z}' \mathbf{Z} + \mathbf{A}^{-1} \boldsymbol{\alpha}_1 & \mathbf{Z}' \mathbf{W} + \mathbf{A}^{-1} \boldsymbol{\alpha}_2 \\ \mathbf{W}' \mathbf{X} & \mathbf{W}' \mathbf{Z} + \mathbf{A}^{-1} \boldsymbol{\alpha}_2 & \mathbf{W}' \mathbf{W} + \mathbf{A}^{-1} \boldsymbol{\alpha}_3 \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} c^{11} & c^{12} & c^{13} \\ c^{21} & c^{22} & c^{23} \\ c^{31} & c^{32} & c^{33} \end{bmatrix}$$

Para analizar los datos se utilizaron los programas RENUMF90 y BLUPF90+ del paquete informático BLUPF90 (Misztal *et al.* 2022) para controlar la calidad de los datos y estimar los componentes de varianza, respectivamente; y los paquetes ggplot2 (Wickham 2016), ggroups (Nilforooshan 2022) y pedigree (Coster 2022) de R (R Core Team 2023). Se utilizó un tamaño de la prueba (nivel de significancia) igual a $\alpha=0,05$ con el objeto de evaluar la inclusión de efectos fijos en el modelo, así como para realizar comparaciones entre medias de los distintos grupos.

Resultados y Discusión

El promedio general del PDTT fue de $209,10 \pm 28,51$ kg abarcando un rango desde 130kg, hasta 285kg y una mediana de 210kg; siendo la edad promedio de destete de 222 ± 19 días. El valor medio logrado para el PDTT de los terneros Criollos en la Cuenca del Salado puede ser considerado altamente satisfactorio y elevado, teniendo en cuenta que los valores

medios alcanzados por los terneros de las razas mayoritarias y sus cruzas se estiman entre 160kg y 180kg (Otundo *et al.* 2018). En la Chacra Experimental Integrada Chascomús (INTA-MAIBA, EEA Cuenca del Salado), se llevó a cabo un trabajo de intensificación ganadera durante el período 2009-2018, para estudiar dos sistemas de cría bovina: un sistema intensivo (SI) y otro semi-intensivo (SSI), utilizando animales de la raza Aberdeen Angus. Los resultados del PDTT promedio de los nueve ciclos estudiados fueron 179 ± 17 kg para el SI y 186 ± 16 kg para el SSI, sin encontrarse diferencias significativas entre ambos grupos y se concluyó que ambos sistemas superaron ampliamente al promedio productivo de la región (Otundo *et al.* 2018). También resulta notoria la diferencia en el PDTT promedio entre rodeos de la misma raza Criolla ubicados en distintos ambientes, considerando que en la provincia de Tucumán se reportó un PDTT promedio de $146,2 \pm 22,0$ kg ajustado a 205 días (Holgado *et al.* 2019).

Efecto de la edad al primer parto sobre el peso al destete

No se observaron efectos de la edad al primer parto (EPP) de las vacas sobre el PDTT ($P > 0,05$) (Tabla 1). Sin embargo, hay una diferencia promedio de 1,43 terneros totales (nt) entre grupos, considerando toda la vida productiva de las vacas. Las hembras del grupo EPP36 destetaron en total, 649 terneros con un promedio por hembra de 9,84 crías; mientras que las del grupo EPP24 destetaron, 476 terneros totales con un promedio por hembra de 8,41 crías.

Evolución del peso al destete

Durante la serie de 29 años, el menor PDTT promedio anual, se registró en el año 2012 con un valor de $186,62 \pm 21,91$ kg; y el superior en el año 2016, con $233,27 \pm 25,32$ kg, mostrando una diferencia de casi 50kg entre ambos (Figura 1). Se verificó si estas variaciones en el PDTT promedio entre años, estaban relacionadas de manera directa con las precipitaciones anuales registradas durante la serie (Figura 2), no existiendo asociación directa entre las variables. Se observa que, en el año 2012, las precipitaciones fueron altas, sin embargo, el PDTT promedio anual fue el más bajo de toda la serie. Por el contrario, en el año 2016, las precipitaciones fueron escasas, pero se registró el mayor PDTT promedio de toda la serie. Estos resultados fueron confirmados mediante el análisis de correlación ($r = -0,14$; $P = 0,463$).

La evolución muestra una tendencia ascendente desde la primera hasta la sexta cría, para luego estabilizarse hasta la cría número diez con un seguido descenso hasta la última cría - número 17 (Figura 3). Aunque el PDTT promedio de los últimos terneros de la vida de la vaca disminuyen, es importante destacar que se mantuvieron en valores cercanos a los 190 kg, valores considerados muy buenos para la Cuenca del Salado (Otundo *et al.* 2018). La misma tendencia en la evolución de los PDTT según la edad de la vaca, aunque con pesos promedio menores, fue reportado para la misma raza en la provincia de Tucumán (Holgado *et al.* 2019).

Estimación de componentes de varianza y parámetros genéticos

La heredabilidad total estimada a partir de los componentes de varianza del peso al destete para PDTT (h_{PDTT}^2) bajo el modelo que contempla efectos genéticos directos y maternos (Tabla 2) fue de $0,45 \pm 0,11$, valor superior al registrado en las razas carníceras con presencia mayoritaria en la Cuenca del Salado, como Aberdeen Angus con $h^2 = 0,18$ (Asociación Argentina de Angus 2023) o Hereford con $h^2 = 0,20$ (Asociación Argentina de Hereford 2023). Dicho valor también resultó superior al estimado en otras razas criollas americanas, e.g. las colombianas Costeño con Cuernos ($h^2 = 0,23 \pm 0,05$ y $h^2 = 0,31 \pm 0,05$) bajo diferentes modelos (Pérez *et al.* 2020) y Romosinuano ($h^2 = 0,16 \pm 0,04$) (López Martínez *et al.* 2021). La heredabilidad del PDTT calculada, indica que, si el carácter fuese seleccionado, la respuesta esperada sería muy satisfactoria. Sin embargo, el valor promedio del PDTT registrado en este rodeo, durante casi treinta años, es superior a 209kg, por lo cual no se observa la necesidad de incrementar ese valor, sino más bien, mantenerlo en esos niveles, para evitar el incremento del peso adulto de las hembras de reposición, ya que el peso al destete está altamente correlacionado en forma positiva con el peso adulto (Abreu Silva *et al.* 2018). A partir de los mismos valores estimados para los componentes de varianza (Tabla 2), la heredabilidad directa fue estimada en $0,46 \pm 0,1$. Por su parte, la heredabilidad materna $h_m^2 = 0,05 \pm 0,06$, resultó similar a lo reportado por Pérez *et al.* (2020), para las razas criollas colombianas Criollo Costeño con Cuernos ($h_m^2 = 0,07 \pm 0,03$ y $h_m^2 = 0,04 \pm 0,02$) mediante el uso de modelos uni y multicaracter, respectivamente; y también a lo reportado por López Martínez *et al.* 2021 en el ganado Criollo Romosinuano ($h_m^2 = 0,09 \pm 0,02$). La magnitud de dicha

Tabla 1. Estadística descriptiva del peso al destete (PDTT) de la raza bovina Criolla Argentina según la edad al primer parto (EPP) de las vacas. Letras diferentes indican diferencias significativas entre medias por grupo.

Table 1. Descriptive statistics for weaning weight (PDTT) in Argentine Creole Cattle, according with age at first calving of cows as grouping criteria (EPP). Different letters indicate significant differences for means between groups.

EPP	n	nt	Media	Máximo	Mínimo	Error estándar
24	476	8,81	207 a	275	135	1,29
36	679	9,84	211 a	285	130	1,10

n: número de registros; nt: número de terneros promedio/viente

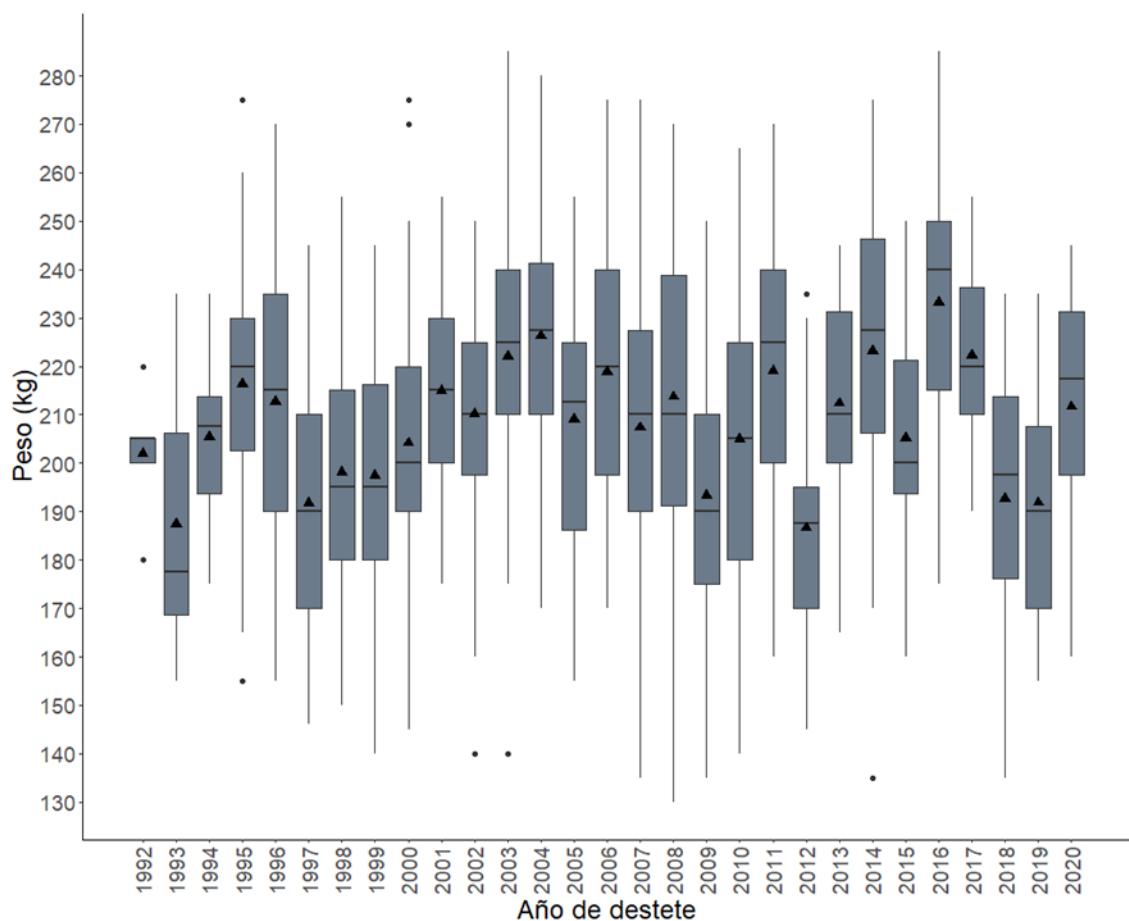


Figura 1. Gráfico de cajas para peso al destete por año para el período 1992 - 2020. Los triángulos indican el valor promedio para cada uno. Las cajas representan la distribución del 50% central de los datos, la línea horizontal interna, la mediana y las líneas muestran la variabilidad fuera del rango central. Los puntos por fuera de la caja se consideran valores atípicos. La superposición entre cajas no permite establecer diferencias significativas entre años.

Figure 1. Boxplot for weaning weight (PDTT) by year during the period 1992 - 2020. Triangles indicate mean values per year. Boxes represent 50% central distribution of the data, horizontal line inside of boxes indicates the median and the lines show variability outside the central range. Points outside the box are considered outliers. The overlap between boxes does not allow for the establishment of significant differences between years.

estimación podría deberse a la baja relación de parentesco entre las madres (en promedio de 0,05). Se observó una correlación de -0,23 entre los efectos genéticos directos y los efectos genéticos maternos, en línea con los resultados reportados para la raza criolla Romosinuano ($r = -0,38$) (Ossa Saraz et al 2021). Si bien el uso de diferentes modelos dificulta la comparación entre las estimaciones de los parámetros, Cantet et al. (1993) reportaron valores similares para la heredabilidad materna y la correlación entre los efectos genéticos directos y maternos en un rodeo británico completamente diferente al de la raza criolla, como es la raza Aberdeen Angus.

Estimación de los efectos fijos y valores de cría predichos

La estimación del efecto fijo sexo fue 59,9kg para los machos y 29,9kg para las hembras, es decir que los machos resultaron en promedio 30kg más pesados que las hembras, siendo esta diferencia estadísticamente significativa (Tabla 3) y coincidente con la revisión realizada por Ossa et al. (2005).

Con respecto al efecto de grupo de contemporáneos, definido por año y mes de nacimiento de las crías, el de menor contribución sobre el PDTT fue agosto 2008 (-12,41±6,61kg); mientras que el de mayor contribución fue agosto 1994 (44,7±8,18kg). Dada la estacionalidad de los servicios en la

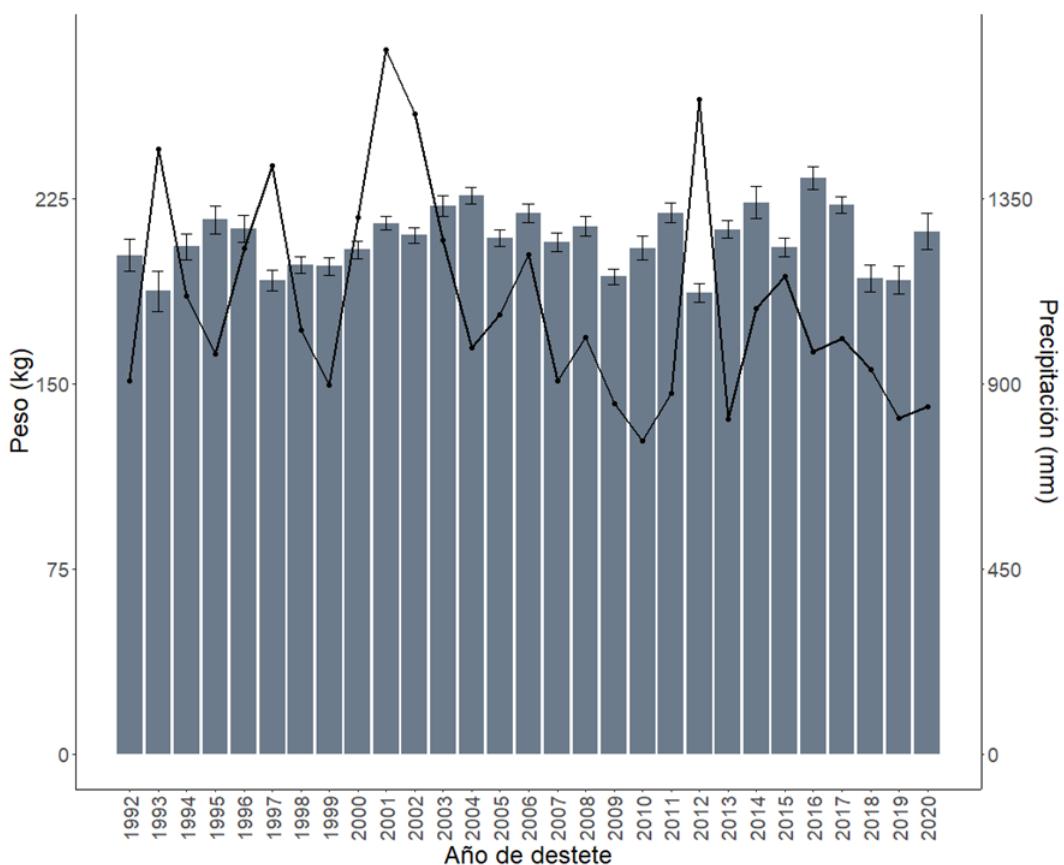


Figura 2. Peso al destete (PDTT) promedio anual con su error estándar de la raza bovina Criolla Argentina (barras) y nivel de precipitación media anual (línea negra) como indicador ambiental.

Figure 2. Average weaning weight (PDTT) with standard error in Argentine Creole Cattle and annual average precipitation (black line) as an environmental indicator.

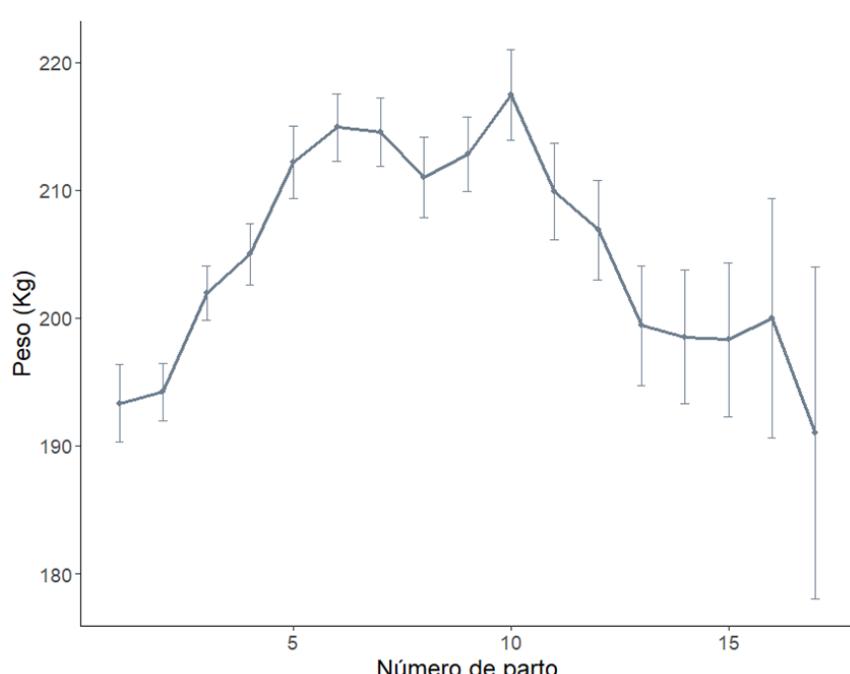


Figura 3. Peso promedio al destete (PDTT) de las crías de la raza bovina Criolla Argentina en función del orden de partos de la madre. Las barras indican el error estándar para la media.

Figure 3. Weaning weight (PDTT) of calves in Argentine Creole Cattle according parity order of cows. The bars indicate the standard error of the mean.

Tabla 2. Componentes de varianza estimados bajo el modelo con efectos genéticos directos y maternos en la raza bovina Criolla Argentina para Peso al destete (PDTT).

Table 2. Variance component estimation for weaning weight (PDTT) under a model with both direct and maternal genetic effects in Argentine Creole Cattle.

Genética Directa	Genética Materna	Error
201,86 kg	-16,095	-
-16,095	24,204 kg ²	-
-	-	197,20 kg ²

Tabla 3. Estadística descriptiva del peso al destete (PDTT) según el sexo de las crías de vacas de la raza bovina Criolla Argentina.

Table 3. Descriptive statistics for weaning weight (PDTT) according to sex of the calves in Argentine Creole Cattle.

Sexo	n	Media	Máximo	Mínimo	Error estándar
H	584	195 a	265	130	0,97
M	571	224 b	285	140	1,08

n: número de registros

zona, es posible clasificar a las pariciones en función de su ocurrencia dentro de la temporada (agosto=cabeza; setiembre=cuerpo y octubre=cola) y en virtud del resultado anterior, se procedió a verificar el comportamiento de los valores estimados para cada nivel del efecto fijo en cuestión (Figura 4). Los efectos promedio para cada categoría de parición fueron: cabeza 13,6kg, cuerpo 11,4kg y cola 11,3kg. Si bien los nacimientos de cabeza de parición tienen una diferencia promedio de 2kg respecto de los otros dos grupos, las mismas no fueron significativas ($P>0,05$). Con respecto al efecto de la edad al destete como covariable, la misma fue de $0,68\pm0,07$ kg, lo que significa que cada día adicional de lactancia contribuye en 0,68kg sobre el peso al destete.

Los valores para las DEPs del efecto genético directo para PDTT, oscilaron entre $-15,85\pm4,86$ kg y $13,19\pm4,71$ kg con una media de $0,28\pm0,12$ kg (Figura 5), lo que sugiere el efecto de una ligera selección a favor del PDTT. Si se pretendiese aumentar el PDTT promedio de la población, habría reproductores disponibles para ser elegidos, aunque en este caso, por el mismo motivo expresado anteriormente, lo recomendable es utilizar reproductores intermedios para PDTT, de tal manera de mantener los niveles actuales y no excederse demasiado, para evitar posibles desequilibrios biológicos.

Progenitores destacados

Se identificaron madres cuyas crías siempre lograron superar el PDTT promedio anual del rodeo ($n=3$) y también aquellas madres cuyas crías nunca lograron alcanzar dicho valor ($n=2$) (Tabla 4). A efectos de detectar diferencias entre ambos grupos de hembras, se estimó el coeficiente de parentesco aditivo medio para cada grupo (\bar{a}_{xy}) y el número medio de terneros (nt) logrados intragrupo. Las hembras del primer grupo tuvieron un $\bar{a}_{xy} = 0$ y un $nt=6,33$; mientras que las dos del segundo grupo presentaron un $\bar{a}_{xy} = 0,125$ y un $nt=4$. Las 118 hembras restantes, que indistintamente tuvieron terneros por encima o por debajo de la media anual, registraron un $\bar{a}_{xy} = 0,039$ con un $nt=9,75$. Para indagar la contribución de los padres sobre el PDTT, se identificaron tanto el padre con mayor como el de menor DEP. La mayor DEP fue registrada para el toro S003, con un valor de $13,73\pm9,74$ kg con 22 crías en la población (1,9%) y un peso promedio de 215,5kg. En contraste, la menor DEP correspondió al toro CH113, con un valor de $-10,04\pm10,05$ kg y 21 crías en la población (1,8%), que alcanzaron un peso promedio de 187,66kg.

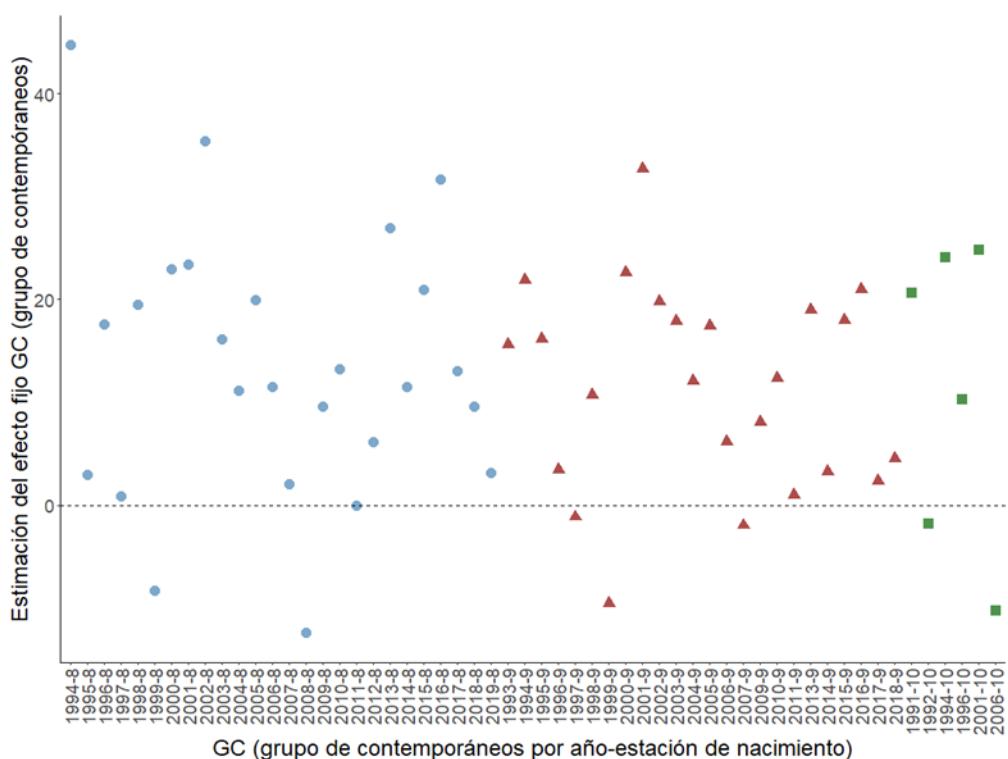


Figura 4. Valores estimados para el efecto fijo grupo de contemporáneos (GC) definido como año-estación de nacimiento de las crías de la raza bovina Criolla Argentina (círculos = cabeza de parición; triángulos = cuerpo de parición; cuadrados = cola de parición).

Figure 4. Estimated values for contemporary groups (GC) fixed effect defined as year-season of birth for calves in Argentine Creole Cattle (circles = head of calving season, triangles = body of calving season, squares = tail of calving season).

Tabla 4. Parentesco medio de las madres por grupo según peso al destete de sus crías (PDTT) en vacas de la raza bovina Criolla Argentina.
Table 4. Average relatedness for cows according to weaning weight group for calves (PDTT) in Argentine Creole Cattle.

Grupo	n	nt	PDTT promedio (kg)	Parentesco promedio
PDTT siempre mayor a la media	3	6,33	230,26	0
PDTT menor a la media	2	4	190	0,125
PDTT Indistinto	118	9,55	208,91	0,039

n: número de hembras por grupo; nt: número de terneros promedio por hembra dentro de grupo

Conclusiones

El Peso al Destete (PDTT) promedio registrado en el rodeo bovino criollo argentino en la Cuenca del Salado (209kg), es superior a la media estimada en esta zona, donde predominan las razas británicas y sus cruzas. La heredabilidad del PDTT resultó superior al de otras razas carníceras, lo cual indica que en el caso de pretender incrementar el PDTT, la respuesta a la selección será satisfactoria, existiendo además reproductores con DEPs adecuados para lograr este objetivo. La estimación de la varianza atribuible a la componente genética materna resultó similar a las estimaciones realizadas por otros autores.

Su magnitud podría explicarse a partir de las bajas relaciones de parentesco entre los vientres del rodeo. El 96%

de las vacas (n=118), alcanzaron un PDTT medio de 208,91kg, logrando destetar en promedio 9,55 crías a lo largo de su vida. El 2,4% (n=3), obtuvieron un PDTT medio de 230,26kg., superando siempre la media de PDTT anual, consiguiendo destetar en promedio 6,33 crías a lo largo de su vida. Solo el 1,6% (n=2), tuvieron un PDTT promedio de 190kg, siempre por debajo del PDTT medio anual, logrando destetar solo 4 crías en promedio a lo largo de su vida. De acuerdo con los resultados obtenidos, se concluye que el uso más generalizado de la raza bovina Criolla Argentina en la Cuenca del Salado, ya sea en pureza racial o en cruzamientos, podría mejorar sustancialmente los indicadores productivos de la cría bovina en la región.

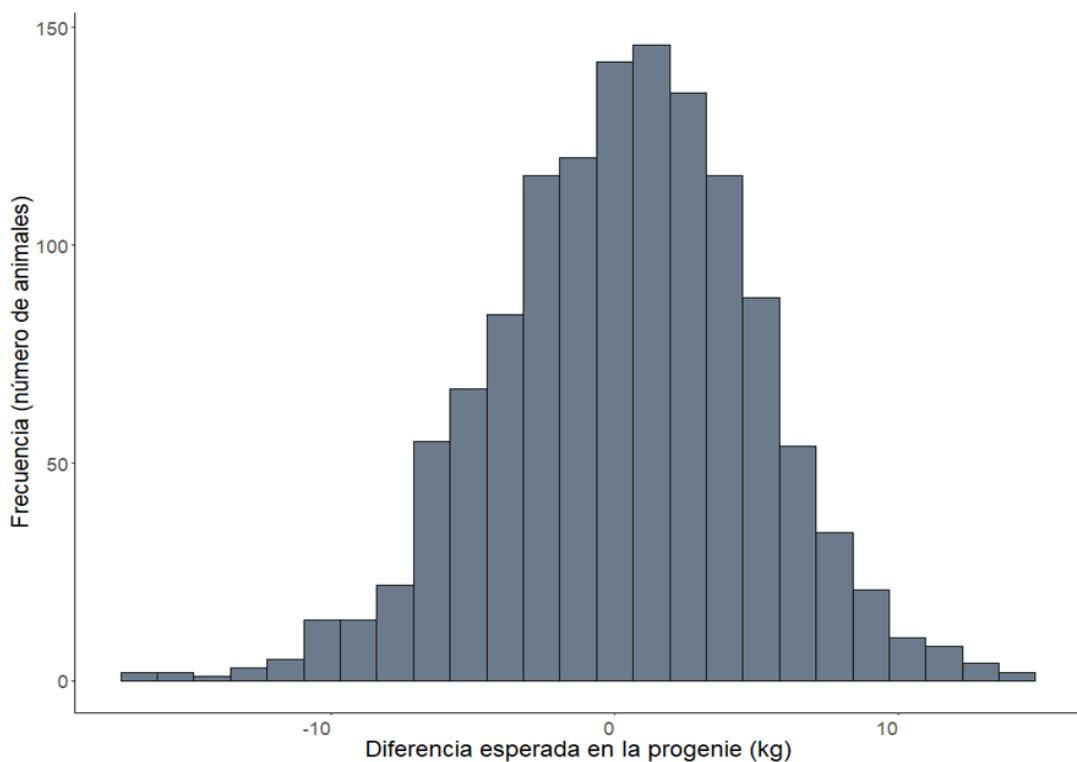


Figura 5. Distribución de los valores predichos de la diferencia esperada entre progenies (DEPs) para peso al destete (PDWT) en la raza bovina Criolla Argentina.

Figure 5. Distribution for expected Progeny differences (DEPs) predicted values for weaning weight (PDWT) in Argentine Creole Cattle.

Agradecimientos

A la familia Garciarena, particularmente a Martín padre e hijo, quienes fundaron el rodeo de la raza bovina Criolla en la Estancia Cruz de Guerra en el año 1986 y mantuvieron el registro de sus datos genealógicos y productivos, a partir de los cuales hemos podido descubrir el enorme potencial productivo de nuestra raza fundadora.

Contribuciones de los autores

Topayan MV: procesamiento de datos, determinación de metodología, análisis estadístico y análisis de resultados, escritura. *Ernetta L:* manejo de base de datos. *Abbiati NN:* determinación de metodología, asesoramiento en análisis estadístico, escritura. *Martínez RD:* aspectos creativos del artículo, escritura principal del artículo, análisis de resultados.

Bibliografía

- Abreu Silva BA, Eler JP, Santana Jr ML, Mattos EC, Menezes IR, Ferraz JBS (2018) Genetic association between mature weight and early growth and heifer pregnancy traits in Nellore cattle. *Livestock Science* **211**, 61-65.
- Asociación Argentina de Angus (2023) Resumen de Padres. Toros con DEP enriquecidos por evaluación genómica. Informe Técnico. (Evaluación de Reproductores Angus: Argentina).
- Asociación Argentina de Hereford. (2023) Sumario de Padres Hereford. (Asociación Argentina de Hereford: Argentina).
- Barsky O, Gelman J (2009) 'Historia del agro argentino. Desde la Conquista hasta principios del siglo XXI'. (Editorial Sudamericana: Buenos Aires).
- Bavera G (2011) 'Razas bovinas y bufalinas de la Argentina'. (Editorial Imberti-Bavera: Rio Cuarto).
- Cantet RJC, Gianola D, Misztal I, Fernando RL (1993) Estimates of dispersion parameters and of genetic and environmental trends for weaning weight in Angus cattle using a maternal animal model with genetic grouping. *Livestock Production Science* **34**, 203-212.
- Coster A (2022) pedigree: Pedigree Functions. R package version 1.4.2, <https://CRAN.R-project.org/package=pedigree>.
- Dempster AP, Laird NM, Rubin DB (1977) Maximum likelihood from incomplete data via the EM algorithm. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)* **39**, 1-22.
- Ferraz Filho PB, Amorim Ramos A, Campos da Silva LO, Souza JC, Alencar MM, Mendes Malhado CH (2002) Tendência Genética dos Efeitos Direto e Materno sobre os Pesos à Desmama e Pós Desmama de Bovinos da Raça Tabapuã no Brasil. *Revista Brasileira de Zootecnia* **31**, 635-640.
- Gerstmayr S (1992) Impact of the data structure on the reliability of the estimated genetic parameters in an animal model with maternal effects. *Journal of Animal Breeding and Genetics* **109**, 321-336.
- Holgado F, Ortega MF, Cantarella G (2019) Efectos ambientales sobre los pesos al nacer y al destete en la raza bovina criollo argentino. *Revista AICA* **14**, 64-68.
- Holgado F, Rabasa A, Ortega MF (2021) El bovino Criollo Argentino: principales características de la raza. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* **29**, 101-112.

- López Martínez JL, Ossa Saraz GA, Santana Rodríguez MA (2021) Estimación de parámetros genéticos para caracteres de crecimiento en bovinos criollos Romosinuano. *Revista Colombiana de Ciencia Animal* **13**, 1-11.
- Maniatis N, Pollott GE (2003) The impact of data structure on genetic (co) variance components of early growth in sheep, estimated using an animal model with maternal effects. *Journal of Animal Science* **81**, 101-108.
- Martínez RD (2008) Caracterización genética y morfológica del bovino criollo argentino de origen patagónico. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Misztal I, Tsuruta S, Lourenco DAL, Aguilar I, Legarra A, Vitezica Z (2022) Manual for BLUPF90 family of programs (University of Georgia: Athens, GA.)
- Nilforooshan M (2022) ggroups: Pedigree and Genetic Groups. R package version 2.1.2, <https://CRAN.R-project.org/package=ggroups>.
- Núñez-Domínguez R, Ramírez-Valverde R, Saavedra-Jiménez LA, García-Muñiz, JG (2016) La adaptabilidad de los recursos zoogenéticos Criollos, base para enfrentar los desafíos de la producción animal. *Archivos de Zootecnia* **65**, 461-468.
- Ossa SG, Suárez TM, Pérez GJ (2005) Efectos del medio y la herencia sobre el peso al destete de terneros de la raza Romosinuano. *Revista MVZ Córdoba* **10**, 673-683.
- Otundo J, Cicchino M, Melani E, Melani G, Plorutti F, Gárriz M, Sarena D, Bailleres M (2018) Evaluación de sistemas de intensificación de cría en la Cuenca del Salado. Indicadores productivos y económicos. *Revista Argentina de Producción Animal* **38** Supl. 1, 92.
- Pérez JG, Fernández JN, Mitat A, Doria MR, Rocha JM, Menendez-Buxadera A (2020) Comparación de modelos unicarácter y multicarácter para estimar componentes de (Co)varianza y parámetros genéticos del crecimiento en la raza bovina Costeño con Cuernos. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* **31**, 1-14.
- Rearte D (2011) Situación actual y prospectiva de la ganadería argentina, un enfoque regional. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* **19**, 46-49.
- R Core Team (2023) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Sesto C (2003) El modelo de innovación tecnológica: el caso del refinamiento del vacuno en la provincia de Buenos Aires (1856-1900). *Mundo Agrario* **4**, 7.
- Urcola HA, Burges JC, Gouarderes L, Solman S (2018) El cambio climático y la ganadería bovina: una evaluación para el sudeste bonaerense, Argentina. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences* **34**, 254-265.
- Wickham H (2016) ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. (Springer-Verlag: New York).
- Willham RL (1972) The role of maternal effects in animal breeding: III. Biometrical aspects of maternal effects in animals. *Journal of Animal Science* **35**, 1288-1293.