

Parámetros genéticos en la etapa de cría para el cruzamiento entre Hereford y Angus en campo natural

Pereyra Fernando¹, Urioste Jorge Ignacio², Gimeno Diego³, Peñagaricano Francisco⁴, Bentancur Dorrel¹, Espasandín Ana⁵
Departamento de Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía, Universidad de la República (Udelar). 37003 Cerro Largo, Uruguay. Correo electrónico: ferper@fagro.edu.uy

² *Departamento de Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía, Udelar. 12900 Montevideo, Uruguay*

³ *Secretariado Uruguayo de la Lana. 11900 Montevideo, Uruguay.* ⁴ *Department of Animal Sciences, University of Wisconsin. Madison, 53706 WI, USA.* ⁵ *Departamento de Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía, Udelar. 60000 Paysandú, Uruguay.*

Recibido: 10/4/14 Aceptado: 26/2/15

Resumen

En un experimento dialélico entre las razas Hereford (H/H) y Aberdeen Angus (A/A) desarrollado entre los años 1994 y 2002 en la Estación Experimental Bernardo Rosengurt de la Facultad de Agronomía-Udelar, Uruguay, se estimaron diferencias en efectos genéticos directos (giA-giH) y efectos genéticos maternos (gmA-gmH), efectos de heterosis individual (hiAH) y materna (hmAH) mediante modelos lineales para condición corporal al parto (CCP), peso al nacimiento (PN), y peso al destete (PD), y usando modelos lineales generalizados para porcentaje de destete (% D). En CCP los efectos raciales y la heterosis estimada no fueron significativas, en tanto para PN la diferencia en kg fue negativa, siendo superior H/H (-1,18±0,42 kg, P=0,0051). Para PD la diferencia entre efectos maternos (gmA - gmH) resultó positiva, con 4,87±1,01 kg (P=0,0001), y la heterosis individual fue de 5,12±1,24 kg (P=0,0001). Para el % D, la hiAH fue de 0,22±0,03. La hmAH resultó significativa para PD (11,58±1,48 kg, P=0,0001). Al nacimiento los terneros H/H, A/H y H/A fueron más pesados que los A/A. En % D las madres cruza en promedio superan en 24,7 unidades (14,9 %) a las puras (85,0 vs 60,3). Al destete los terneros hijos de madres híbridas fueron significativamente más pesados (promedio 159,1 kg). Las madres Hereford destetaron los terneros significativamente más livianos (promedio 143,3 kg); mientras que los terneros hijos de madres Angus pesaron 151,6 kg.

Palabras clave: bovinos de carne, cruzamientos, efectos directos, efectos maternos, heterosis

Summary

Genetic Parameters for Cow-calve Phase in Hereford x Angus Crosses Under Extensive Grazing

In a diallelic experiment between Hereford (H/H) and Aberdeen Angus (A/A) breed, developed between 1994 and 2002 at the Bernardo Rosengurt Experimental Station (College of Agriculture-University of the Republic, Uruguay) individual (giA-giH) and maternal (gmA-gmH) breed differences, individual (hiAH) and maternal (hmAH) heterosis were estimated, using linear models for body condition at calving (BCC), birth weight (BW), and weaning weight (WW), and generalized linear models for weaning percentage (% W). Racial and estimated heterosis effects were not significant for BCC, while for BW the difference in kg was negative, and H/H was superior (-1.18 ± 0.42 kg, P = 0.0051). For WW, the difference between maternal effects (gmA - gmH) was positive, with 4.87 ± 1.01 kg (P < 0.0001), and individual heterosis was 5.12 ± 1.24 kg (P < 0.0001). The hiAH for % W was 0.22 ± 0.03. The hmAH was significant for WW (11.58 ± 1.48 kg, P=0.0001). At birth, calves H/H, A/H and H/A were heavier than A/A. For % W, crossbred dams averaged 24.7 points (14.9 %) higher than pure breeds (85.0 vs. 60.3). Crossbred breed dams weaned calves significantly heavier (means 159.1 kg). Hereford dams weaned significantly lighter calves (means 143.3kg); while the calves of Angus dams weighed 151.6 kg.

Keywords: beef cattle, crossbreeding, direct effects, maternal effects, heterosis

Introducción

La carne vacuna posee una importancia significativa para la economía uruguaya, representando en el año 2011 el 16,8 % del total de las exportaciones del sector agropecuario y generando un ingreso de 1343 millones de dólares (DIEA, 2012). A pesar de su importancia, la producción de carne muestra ineficiencias en varias de sus etapas. Uno de los problemas es generado por el bajo porcentaje de destete de la cría, el cual limita la expansión exportadora del complejo cárnico uruguayo. La variación entre y dentro de años en la producción y concentración de nutrientes y la carga animal del campo natural explican cambios en la condición corporal al parto (CCP), el largo del anestro postparto y la probabilidad de preñez (Soca *et al.*, 2008).

Desde la década del 90 en adelante ha existido un incremento en la investigación nacional, que ha tenido como objetivo directo o indirecto contribuir a resolver la baja eficiencia reproductiva del rodeo de cría nacional. Se han llevado a cabo numerosos trabajos poniendo énfasis en el manejo, en base a tratamientos hormonales, destete temporario y precoz o distintos aspectos de la nutrición de la vaca de cría (Soca *et al.*, 2013). Otras alternativas de manejo, como la variación en la oferta de forraje del campo natural o los cruzamientos entre razas, han sido menos estudiados.

Los cruzamientos pueden ser una alternativa para aumentar la eficiencia de la cría, al mejorar caracteres que no pueden ser mejorados rápidamente por la selección, explotando el vigor híbrido y la complementariedad (Espasandín *et al.*, 2006). Las características más favorecidas por este método, es decir, que presentan mayores niveles de heterosis, son las asociadas a la eficiencia reproductiva (de baja heredabilidad), mientras que las de crecimiento (de heredabilidad moderada) presentan valores intermedios (Long, 1980).

Para una correcta utilización de los recursos genéticos en los sistemas de producción de carne, es necesario caracterizar las diferentes razas disponibles en términos de los parámetros genéticos involucrados de origen aditivo (diferencias raciales) y no aditivos (heterosis y pérdidas por recombinación) en relación a las características que afectan la eficiencia biológica de los mismos. Es importante obtener estimaciones locales de los parámetros en las condiciones específicas económicas y productivas en las que se desarrolla la producción (Dickerson, 1969, 1973).

En Uruguay son escasos los trabajos que han estimado parámetros genéticos de cruzamiento en características reproductivas y de crecimiento en las dos razas para pro-

ducción de carne más difundidas en el país: Hereford y Aberdeen Angus (Gimeno *et al.*, 2002; Rogberg, 2005; Espasandín *et al.*, 2006; Lema, 2007, 2011). En consecuencia, el objetivo de este trabajo fue la estimación de parámetros genéticos de cruzamiento, aditivos y no aditivos en cuatro características relevantes en la eficiencia del rodeo de cría nacional: condición corporal al parto, peso al nacer, porcentaje de destete y peso al destete entre las razas Hereford y Aberdeen Angus bajo condiciones de pastoreo de campo natural, generando además información sobre diferencias fenotípicas entre dichas razas y sus cru-

Materiales y métodos

Se utilizó una base de 1365 datos provenientes de un experimento de cruzamientos, dialélico completo entre las razas Hereford y Angus desarrollado en el Noreste del Uruguay entre los años 1994 y 2002, en la Estación Experimental Bernardo Rosengurt (EEBR) de la Facultad de Agronomía (ex Estación Experimental Bañado de Medina) en el Departamento de Cerro Largo, ubicada a 32°35' latitud S y 54°15' longitud W, y a una altitud de 94 metros sobre el nivel del mar.

Los animales pastorearon campo natural perteneciente a suelos desarrollados sobre la Formación Yaguarí, caracterizados en su producción por una marcada estacionalidad primavera-estival, acumulando en este período el 60 % de la producción total anual (Carámbula, 1987). El tapiz dominante estuvo constituido por especies calificadas de tiernas a ordinarias, destacándose las gramíneas de ciclo estival: *Andropogon lateralis*, *Paspalum notatum*, *Axonopus affinis*, *Paspalum dilatatum*, *Bothriochloa lagroides*, *Schizachyrium* sp., *Coelorhachis selloana* y de ciclo invernal: *Piptochaetium montevidense*, *Piptochaetium stipoides* y *Stipa setigera* (Boggiano, com. per.).

Las dos razas utilizadas, de origen británico, fueron elegidas por su importancia como razas maternas en Uruguay. Para definir el diseño adecuado para estimar los parámetros de interés, Avendaño y Gimeno (1996a) compararon los diseños dialélicos entre las razas Hereford y Aberdeen Angus desarrollados por el Clay Center (Nebraska, EEUU) y el propuesto por los autores para la Facultad de Agronomía (FA), y en segundo lugar estudiaron cuál sería la estructura poblacional óptima para el experimento de la FA. Se optó por inseminar 100 vacas por año (50 Hereford y 50 Angus), priorizándose la generación de los grupos F1 recíprocos A/H y H/A, frente a los puros H/H y A/A, con el objetivo de incrementar los reemplazos para la generación

de genotipos retrocruzas, F2 y F3. Por otra parte, se evaluó el efecto de incluir las pérdidas por recombinaciones epistáticas maternas.

También Avendaño y Gimeno (1996b) realizaron optimizaciones de este experimento utilizando tres modelos genéticos definidos por Dickerson (1973), Kinghorn (1980) y Koch *et al.* (1985) y evaluaron el efecto sobre la precisión de las estimaciones de los parámetros genéticos. Para la optimización de las diferentes opciones se utilizó la metodología D-optimality usada por Sölkner (1991) y el programa OCDE (Optimum Design of Crossbreeding Experiments) desarrollado por Sölkner y Fucks (1994). Del análisis surgió que para los parámetros con base genética en la dominancia y la epistasis y teniendo en cuenta la estructura poblacional y el número de parámetros considerados, el modelo de Dickerson (1973) fue el que presentó mayores indicadores de precisión. En base a estos estudios se definieron los grupos genéticos a obtenerse en este experimento, necesarios para posibilitar el cálculo de los parámetros de interés.

En el Cuadro 1 se observa cómo se fueron generando los distintos grupos genéticos durante los nueve años del experimento. Se utilizaron 26 toros pertenecientes a la raza Hereford, 22 Aberdeen Angus, y nueve toros cruza entre ambas razas, generados en el desarrollo del experimento.

Se utilizaron tres toros nuevos de cada raza por año, repitiendo uno al año siguiente, de forma de poder conectar la información entre años. El criterio de compra de reproductores fue buscar la mayor representatividad de las razas evaluadas, seleccionando los toros en diferentes cabañas representativas de las dos razas en el país. Se inseminaron vaquillonas de dos años y un número reducido de vaquillonas de tres años y vacas falladas en el servicio anterior a los efectos de completar el número de vientres requerido por el diseño experimental (Cuadro 2). La inseminación se realizó en verano (fines de noviembre a mediados de enero). El período de inseminación tuvo una duración de aproximadamente 45 días y 45 días de repaso utilizando monta natural. Se detectó celo diariamente, temprano en la mañana y en la tardecita, inseminándose los vientres en la tarde y en la mañana siguiente posterior a la detección del celo, respectivamente.

En las vacas con cría al pie se utilizó monta natural durante 80 días a partir del 1° de diciembre de cada año, utilizándose un solo toro por lote de entore de forma de identificar paternidad en forma precisa. Los lotes se conformaron con diferentes genotipos de vacas de forma que un mismo toro tuviera hijos de diferente composición racial. La parición se concentró en los meses de septiembre y

Cuadro 1. Número de observaciones por genotipo de ternero y año de nacimiento. A la izquierda de la barra se representa el genotipo paterno y a la derecha el materno (H: Hereford; A: Aberdeen Angus).

Genotipo	94	95	96	97	98	99	00	01	02	Total	%
A/A	9	29	30	26	54	16	43	19	14	240	18
H/H	26	41	27	33	47	16	58	17	13	278	20
H/A	10	33	32	29	35	12	30	27	28	236	17
A/H	24	29	33	32	46	20	33	25	25	267	20
A/HA				2	4	9	10	16	41	82	6
A/AH				2	3	7	12	22	3	49	4
H/HA				2	6	9	10	18	2	47	3
H/AH				3	4	8	11	22	46	94	7
HA/HA					6	4	4		3	17	1
HA/AH					7	5	6		5	23	2
AH/HA							6	8	3	17	1
AH/AH							5	8	2	15	1
TOTAL	69	132	122	129	212	106	228	182	185	1365	100

Cuadro 2. Número de observaciones por categoría de vientres.

Categoría	Frecuencia	Porcentaje
Vacas adultas	757	55
Vaquillonas 1er. entore 2a	529	39
Vaquillonas 1er. entore 3a	79	6
TOTAL	1365	100

octubre y el destete en promedio fue a los siete meses en el mes de abril.

Para la estimación de los parámetros de interés en este trabajo, se utilizaron datos correspondientes a los genotipos Hereford, Aberdeen Angus, sus cruzas recíprocas F1, las primeras retrocruzas y las F2. No se consideraron en este estudio otros genotipos, por tener un número relativamente bajo de individuos.

A partir de la primer generación de nacimientos, se contó con genotipos puros de H/H y A/A y sus cruzas recíprocas F1= A/H y H/A. En el año 96 comenzaron a usarse como madres las vaquillonas F1 de ambas razas, obteniéndose en el año 97 los primeros terneros retrocruzas que aportaron información sobre el comportamiento de las madres cruce. La mayoría de las observaciones utilizadas en este estudio correspondieron a vacas adultas con y sin cría al pie, siguiéndole las vaquillonas de dos años, completándose con un reducido número de vaquillonas de tres años.

Modelo genotípico

En primera instancia se realizó la estimación de las medias de los diferentes grupos genéticos para las cuatro características consideradas a través de Proc Mixed del Statistical Analyses System, utilizando los siguientes modelos:

CCP, PN y PD:

$$Y_{ijkl} = \mu_0 + G_i + A_j + M(A_{kQ}) + C_k + S_m + IdV_n + E_{ijklmn}$$

donde:

Y_{ijkl} = observación asociada a cada individuo

- μ_0 = media general
- G_i = efecto fijo del grupo genético (1,...,8)
- A_j = año de parto (1994,...,2002)
- $M(A)_{kQ}$ = mes de parto anidado en el año (septiembre, octubre, noviembre)
- C_k = categoría de la vaca (vaquillonas de 1^{er} servicio, vacas de 2^o y vacas de 3^{er} entore y más)
- S_m = sexo del ternero (1,2)
- IdV_n = efecto aleatorio de la vaca (para CCP) o del toro (para PN y PD) $\sim N(0, \delta_v^2)$
- E_{ijklmn} = error aleatorio asociado a cada medida $\sim N(0, \delta_e^2)$

% D

$$Y_{ijkl} = \mu_0 + G_i + A_j + C_k + EF_m + TS_l + IdV_n + E_{ijklmn}$$

donde:

- Y_{ijkl} = observación asociada a cada individuo
- μ = media general
- G_i = efecto fijo del grupo genético (1,...,8)
- A_j = año de parto (1994,...,2002)
- C_k = categoría de la vaca (vaquillonas de 1^{er} servicio, vacas de 2^o y vacas de 3^{er} entore y más)
- TS_l = tipo de servicio (entore, inseminación)
- EF_m = estado fisiológico anterior de la vaca (parida, fallada)
- IdV_n = efecto aleatorio de la vaca $\sim N(0, \delta_v^2)$
- E_{ijklmn} = error aleatorio asociado a cada medida $\sim N(0, \delta_e^2)$

Estrategia de estimación de parámetros

Para la estimación de los componentes genéticos del cruzamiento entre A/A y H/H se realizaron análisis preliminares con modelos fijos exclusivamente, así como con modelos que incorporaron la matriz de parentesco, resultando en estimaciones semejantes a las obtenidas con modelos de menor sofisticación. Se usaron también modelos lineales y lineales generalizados. En virtud de la reducida cantidad de datos con que se contaba, fueron excluidos de los análisis los genotipos sujetos a pérdidas por recombinaciones epistáticas. Se utilizaron los siguientes Modelos Aditivos según la variable analizada:

- 1) modelo aditivo con heterosis individual para CCP y % D:

$$y_{ijkl} = \mu + k_A^{*I} g_A^{*I} + k_{AH}^I h_{AH}^I + F_j + IdP_k + e_{ijkl}$$

II) modelo aditivo con heterosis individual y maternal para PN y PD:

$$y_{ijkl} = k_A^{*I} g_A^I + k_A^{*M} g_A^M + k_{AH}^I h_{AH}^I + k_{AH}^M h_{AH}^M + F_j + IdP_k + e_{ijkl}$$

Donde:

y_{ijkl} = la observación del carácter y en el $l^{\text{ésimo}}$ ternero hijo del $k^{\text{ésimo}}$ padre (para PN y PD) o $l^{\text{ésima}}$ observación en la $k^{\text{ésima}}$ vaca (para CCP y %D), del $j^{\text{ésimo}}$ genotipo con los $j^{\text{ésimos}}$ efectos hijos.

g_A^I (g_A^M) = efecto aditivo individual (maternal) de Aberdeen Angus expresado como desvío de Hereford.

h_{AH}^I (h_{AH}^M) = heterosis individual (maternal) entre Aberdeen Angus y Hereford

k_A^I (k_A^M) = diferencia entre la proporción de la raza Aberdeen Angus en el ternero o la vaca (madre) y la proporción de Hereford ($k_A^I = k_A - k_H$).

k_{AH}^I (k_{AH}^M) = proporción retenida de la heterosis individual (maternal) entre Aberdeen Angus y Hereford calculada como $k_{AH}^I = k_A^P k_H^M + k_H^P k_A^M$ donde k_t^r indica la proporción de genes de la raza $t = A, H$ en los padres r ($P =$ padres o $M =$ madres).

F_j = efectos hijos; para CCP: sexo del ternero, año de parto, mes de parto (anidado en el año), categoría de la vaca (vaquillonas de 1^{er} servicio, vacas de 2^o y vacas de 3^{er} entore y más). Para % D: año de destete, categoría de la vaca, tipo de servicio (entore o inseminación) y estado fisiológico anterior de la vaca (parida o fallada). Para PN y PD: sexo del ternero, año de nacimiento, mes de nacimiento (anidado en el año), categoría de la vaca (vaquillonas de 1^{er} servicio, vacas de 2^o y vacas de 3^{er} entore y más). No se consideraron efectos de interacción entre los efectos hijos incluidos en los modelos de análisis correspondientes.

aleatorio_k = efecto aleatorio de k -ésimo padre ($k=1$ a 57) en el caso en que la observación sea en el ternero o de la k -ésima vaca en el caso de los caracteres medidos en las hembras ($k=1$ a 670) $IdP_k \approx N(0, \sigma_p^2)$ o $IdV_k \approx N(0, \sigma_v^2)$

e_{ijkl} = error aleatorio $e_{ijkl} \approx N(0, \sigma_e^2)$

El modelo aditivo-dominante incluye solamente efectos aditivos y de dominancia. La diferencia aditiva entre razas es definida como la diferencia en el desempeño entre las razas puras, siendo necesario especificar qué raza fue utilizada como base de comparación (Madalena, 2001), en este caso se utilizó Hereford.

Fueron estimados los parámetros $g_A^I, g_A^M, h_{AH}^I, h_{AH}^M$ para cuatro características, dos como observación en el ternero: PN y PD (ajustado mediante regresión lineal a 205 días de edad) y CCP y % D, como observaciones en la vaca. Las estimaciones para las variables CCP, PN y PD se obtuvieron mediante un modelo lineal (ML). El % D se analizó de

dos formas: a) asumiendo una distribución normal utilizando modelo lineal, n y b) asumiendo una distribución binomial, usando un modelo lineal generalizado (MLG) mediante la función logística $\text{logit}(\Pi_{\text{destete}})$ donde Π_{destete} es la probabilidad que una vaca destete un ternero. La función logit es el cociente entre Π_{destete} y $1 - \Pi_{\text{destete}}$, sustituyendo la observación y_{ijkl} en el modelo. Para CCP, PN y PD se utilizó el procedimiento MIXED y para % D el procedimiento GLIMMIX del programa SAS.

Los efectos aleatorios considerados fueron: el padre del ternero para peso al nacimiento y peso al destete, la vaca para las variables condición corporal al parto y porcentaje de destete, y lote de entore para el porcentaje de destete. En todos los análisis, probabilidades $P < F$ menores al 0,05 fueron consideradas significativas, en tanto valores entre 0,05 y 0,10 se consideraron tendencias.

Resultados y discusión

Estimación de medias de mínimos cuadrados para los distintos genotipos

Los efectos de año, mes anidado en año, categoría de la madre y sexo fueron estadísticamente significativos para todas las variables estudiadas, excepto sexo del ternero para condición corporal de la vaca. Las medias por mínimos cuadrados y sus errores estándar para los diferentes grupos raciales se presentan en el Cuadro 3.

Se observaron diferencias significativas en la condición corporal al parto de las vacas, a favor de las madres H/H y H/A frente a las A/A, no diferenciándose las A/A de la crza A/H. Las diferencias fueron de 0,14 y 0,13 puntos de CCP respectivamente. Más allá de la significancia estadística, esta diferencia desde el punto de vista del manejo en los rodeos comerciales no es relevante, dado que las menores diferencias detectadas con las escalas comúnmente usadas son de 0,25 puntos de CCP. Adicionalmente, no hubo diferencias entre el promedio de las vacas híbridas y las vacas puras (3,79 vs. 3,75 puntos de CCP), lo cual concuerda con las observaciones a nivel nacional de Soca *et al.* (2008) y Arambarri y Barla (2010), quienes trabajando en altas ofertas de forraje tampoco encontraron diferencias.

Los terneros machos pesaron al nacer 1,9 kg más que las hembras, lo cual concuerda con lo reportado por Laster

Cuadro 3. Estimación de medias de mínimos cuadrados (\pm error estándar) para condición corporal al parto, peso al nacimiento, porcentaje de destete y peso al destete.

Grupos genéticos	Cond. corporal al parto (puntaje)	Peso al nacimiento (kg)	Porcentaje de destete (%)	Peso al destete (kg)
Razas puras				
H/H	3,82 \pm 0,05a	33,1 \pm 0,55a	58,4 \pm 3,13b	142,1 \pm 2,66c
A/A	3,68 \pm 0,05b	30,7 \pm 0,56b	62,1 \pm 3,01b	148,5 \pm 2,73bc
H/A	3,81 \pm 0,05a	32,4 \pm 0,57ab	83,1 \pm 3,27a	155,4 \pm 2,74ab
A/H	3,77 \pm 0,05ab	32,2 \pm 0,56a	86,8 \pm 2,71a	145,3 \pm 2,71c
Primeras retrocruzas				
H/HA		32,8 \pm 0,74ab		161,3 \pm 3,68a
H/AH		33,2 \pm 0,69a		158,4 \pm 3,40ab
A/HA		32,4 \pm 0,71ab		159,7 \pm 3,50a
A/AH		32,2 \pm 0,78ab		159,7 \pm 3,92a
HA/HA		33,2 \pm 1,17ab		163,7 \pm 5,50ab
HA/AH		32,5 \pm 1,17ab		163,9 \pm 5,49ab
AH/HA		31,9 \pm 1,37ab		149,1 \pm 6,34abc
AH/AH		30,2 \pm 1,39ab		153,5 \pm 6,48abc

A la izquierda de la barra se representa el genotipo paterno y a la derecha el materno. Valores seguidos de letras diferentes significan diferencias significativas ($P < 0,05$).

y Gregory (1973) y Koch *et al.* (1973) quienes observaron que los machos eran 7 % más pesados que las hembras. Los terneros hijos de vacas primíparas fueron 0,9 y 1,7 kg más livianos que los hijos de vacas de segundo entore y múltiparas, respectivamente, difiriendo significativamente de estas últimas (30,7 kg vs. 32,4 kg), en el sentido de lo reportado por Reynolds *et al.* (1980), quienes encontraron que el peso al nacer era afectado significativamente por la edad de la madre. Los terneros A/A fueron significativamente más livianos que los terneros H/H, los A/H y la retrocruza H/AH (2,4; 1,4 y 2,4 kg menos respectivamente). La raza H/H aumenta el peso al nacer dado que, independientemente de la madre utilizada, los hijos de toros H/H promediaron 32,9 kg, mientras que los hijos de toros A/A alcanzaron 31,9 kg al nacimiento. Estos resultados siguen la tendencia de lo reportado por Long y Gregory (1974), quienes encontraron una diferencia entre Angus y Hereford de 1,7 kg en el peso al nacer.

En el porcentaje de terneros destetados, las madres cruce en promedio superaron en 24,7 puntos a las madres puras (85,0 vs. 60,3%). Esta diferencia es mayor a la encontrada por Cundiff *et al.* (1974) y Rollins *et al.* (1969), quienes cruzando razas británicas observaron diferencias

a favor de las madres híbridas en un rango de 6,4 a 14 por ciento. Similares resultados obtuvieron Nelson *et al.* (1982), al comparar madres Angus-Hereford frente a Hereford puras, observando una diferencia de 10,4 unidades en porcentaje de destete a favor de las madres cruce.

Al destete los terneros machos pesaron en promedio 6,0 kg más que las hembras, lo cual es consistente con lo reportado por Nelsen y Kress (1981), quienes trabajando con las mismas razas encontraron diferencias entre sexos de 13 % para los terneros Angus y 10 % para los Hereford. Los terneros destetados por vacas primíparas pesaron 12,2 y 12,3 kg menos que los destetados por vacas de segundo entore y múltiparas: 141,8 vs. 154,0 y 154,1 kg, respectivamente. Este resultado va en el sentido de lo reportado por Boggs *et al.* (1980) quienes encontraron que las vacas de entre cinco y ocho años produjeron más leche que las más jóvenes y más que las vacas de nueve años. Las madres H/H destetaron los terneros más livianos (promedio 143,3 kg), no diferenciándose entre sí los terneros nacidos de la cruce simple A/H, los terneros A/A y los F2 de padre A/H. La importante diferencia en kilos observada a favor de los terneros hijos de madres cruce (promedio 159,1 kg) frente a los hijos de madres puras (143,3 y 151,6 para madres H/H

y A/A, respectivamente), tiene su explicación en los beneficios derivados de la heterosis individual y maternal. En este caso, el uso de madres cruza resulta en mayores habilidades maternas expresadas en producción de leche y mejor comportamiento maternal a través de un mayor vínculo madre-hijo (Alencar *et al.*, 1991). En nuestro país, Gioia y Licha (2008) observaron producciones de leche diarias de 5,5; 4,3 y 4,0 litros en vacas F1, A/A y H/H primiparas, respectivamente, como promedio de toda la lactancia. Adicionalmente, el ternero cruza posee, producto de su heterosis (individual), mayores habilidades para crecer y para aprovechar la leche producida por su madre, a raíz de un mayor estímulo generado por su comportamiento en el amamantamiento (Espasandín *et al.*, 2001).

Estimación de parámetros genéticos de cruzamiento

En *Condición Corporal al parto* tanto la heterosis como los efectos aditivos directos no fueron significativos. En *Peso al nacimiento* no se detectaron efectos de la raza de la madre ni de las heterosis individuales y maternas. Sí se observó un efecto aditivo directo significativo de -1,18 kg ($P=0,0051$) de la raza A/A en relación a H/H (Cuadro 4). El menor efecto racial de A/A en relación a H/H coincide con la gran mayoría de los estudios internacionales (Dillard *et al.*, 1980; Alenda *et al.*, 1980; Koch *et al.*, 1985; Cunningham y Magee, 1988; Franke *et al.*, 2001), los cuales variaron entre -1,3 y -9,5 kg. Nuestro trabajo dio valores levemente fuera de ese rango, probablemente debido a condiciones ambientales más extensivas. En sentido contrario, Melucci

et al. (2011) encontraron una diferencia de 3,5 kg de A/A en relación a H/H. En nuestro país, Gimeno *et al.* (2002) reportaron un valor no significativo de 0,6 kg más de peso al nacimiento debido a los efectos raciales de A/A. Sin embargo, Lema (2007), trabajando sobre el mismo conjunto de datos pero contando con información de todos los años que duró el experimento, observó un valor significativo de -1,8 kg en peso al nacimiento de efectos aditivos directos de A/A en relación a H/H. Los resultados sugieren la ventaja que podría tener la utilización de la raza Angus, teniendo en cuenta la reducción que provoca en el peso al nacimiento, en la medida que aumentos en los pesos al nacer no son deseables por las dificultades que pueden ocasionar al parto.

Las estimaciones de los efectos aditivos maternos, 0,10 kg ($P=0,6700$) concuerdan con varios estudios (Koch *et al.*, 1985; Cunningham y Magee, 1988; Franke *et al.*, 2001; Melucci *et al.*, 2011), donde no se encontraron diferencias significativas entre las dos razas. Dillard *et al.* (1980) y Cunningham y Magee (1988), en cambio, observaron diferencias de 1,1 y 8,0 kg a favor de Angus. Lema (2007) reportó un valor significativo de 3,6 kg de A/A en relación a H/H para esta característica. Conforme a lo explicado anteriormente, el ambiente en que se desarrollaron los diferentes trabajos puede haber influido en la mayor o menor expresión de los potenciales raciales. En este sentido, los campos en que se desarrollaron ambos experimentos nacionales difieren en la producción y distribución anual del forraje ofrecido. En el trabajo de Lema (2007), la cría se desarrolló en tapices

Cuadro 4. Estimación de parámetros de cruzamientos aditivos y no aditivos (\pm error estándar), para peso al nacimiento, probabilidad de destete, porcentaje de destete y peso al destete en Angus expresados como desvíos de Hereford.

	Peso al nacimiento (kg)	Probabilidad de destete	Porcentaje de destete (%)	Peso al destete (kg)
Hereford	33,1 \pm 0,55		58,4 \pm 3,13	142,1 \pm 2,66
g_{IA}^*	-1,18 \pm 0,42 a	0,08 \pm 0,07	0,01 \pm 0,01	1,36 \pm 1,60
g_{MA}^*	0,10 \pm 0,24		4,87 \pm 1,01 a	
h_{HA}^I	0,32 \pm 0,24	1,32 \pm 0,18 a	0,22 \pm 0,03 a	5,12 \pm 1,24 a
h_{HA}^M	0,53 \pm 0,29 b			11,58 \pm 1,48 a

g_{IA}^* y g_{MA}^* = efectos aditivos directos y maternos de Angus en relación a Hereford; h_{HA}^I y h_{HA}^M = heterosis individual y maternal entre Angus y Hereford. MLG = Modelo Lineal Generalizado; ML = Modelo Lineal. Niveles de significancia: ^a $p < 0,05$, ^b $p < 0,10$.

generados por Formaciones Cretáceas, caracterizados por una producción de forraje con marcada estacionalidad primavera-estival, con picos de calidad de corta duración durante la primavera y un gran volumen de producción en verano; el invierno se caracteriza por muy baja disponibilidad y calidad del forraje disponible (Gimeno *et al.*, 2002). La producción de estos campos se estima en 1,5 t MS/ha/año (Carámbula, 1978). En este contexto es posible que la raza H/H presente menores valores para este parámetro en relación a A/A. Por su parte, los tapices dominantes en la EEER, desarrollados sobre suelos que generan niveles más altos de producción de forraje, con mayor presencia de especies invernales y una distribución de la pastura más equilibrada a lo largo del año (Formación Yaguari) permitirían acortar estas diferencias, pudiendo la raza H/H tener un mejor desempeño para esta característica. La producción de estos campos fue estimada en 2,5 t MS/ha/año (Carámbula, 1978).

La no significancia del valor de heterosis individual estimado, 0,32 kg ($P=0,1749$) sería favorable en la medida que el cruce de razas no generó aumentos en el peso al nacer, con las consecuencias negativas que esto podría traer al momento del parto. Este resultado difiere con los trabajos extranjeros (Alenda *et al.*, 1980; Koch *et al.*, 1985; Cunningham y Magee 1988; Franke *et al.*, 2001; Melucci *et al.*, 2011) que hallaron heterosis individual significativa entre ambas razas, en un intervalo de 0,8 a 4,9 kg. En Uruguay Rogberg (2005) reportó un valor de 0,65 kg y Lema (2007) un valor menor, de 0,25 kg, ambos no significativos, en tanto Gimeno *et al.* (2002) encontraron valores significativamente negativos para este parámetro, de -2,3 kg.

La heterosis maternal estimada, 0,53 kg ($P=0,0687$), si bien no alcanzó la significancia, muestra tendencias hacia aumentos en los pesos al nacer en terneros hijos de vacas cruza. En la mayoría de los trabajos realizados en el exterior (Dillard *et al.*, 1980; Alenda *et al.*, 1980; Cunningham y Magee, 1988; Franke *et al.*, 2001; Melucci *et al.*, 2011) no se observaron efectos significativos para este parámetro. No obstante, Koch *et al.* (1985) en Nebraska (USA) y Lema (2007) en Uruguay encontraron que la heterosis maternal aumentó el peso al nacer en 1,0 y 1,8 kg respectivamente.

En el *Porcentaje de destete* no se observaron diferencias significativas en los efectos aditivos directos en las estimaciones realizadas por los dos modelos para esta característica (Cuadro 4). Por su parte, la heterosis individual sí presentó significancia, confirmando lo observado en los valores fenotípicos del Cuadro 3.

Para la interpretación del valor estimado de heterosis individual, fue necesario reconvertir la función logística utilizada en el análisis del modelo lineal generalizado y hallar la diferencia entre las Probabilidades de Destete cuando la proporción de heterosis retenida es 1 y cuando es cero ($0,8468-0,5962=0,25$). La heterosis estimada mediante el uso de modelo lineal presentó un valor promedio de 0,22, en tanto mediante el modelo lineal generalizado fue de 0,25. Ambas estimaciones del valor de heterosis fueron similares a la heterosis calculada a partir de la diferencia de medias entre vacas cruza (85,0 %) y vacas puras (60,3 %), que alcanzó un valor de 24,7 %. Cabe destacar que en los dos modelos utilizados la heterosis presentó un efecto significativo sobre el porcentaje y la probabilidad de destete.

Los resultados obtenidos en esta característica resaltan la importancia para nuestros sistemas criadores de la utilización de madres híbridas. Varios son los factores que explican el mejor comportamiento de las hembras cruza para esta característica. En nuestro país, se ha comprobado menor incidencia de pérdidas desde el parto hasta el momento del destete y mayores porcentajes de preñez (Medina *et al.*, 2010; Espasandin *et al.*, 2012). La literatura extranjera atribuye los mayores índices de destete en los vientres cruza a mayores tasas de concepción al primer servicio, mayores porcentajes de preñez y parición, menores pérdidas al parto y mayores tasas de sobrevivencia de los terneros (Cundiff *et al.*, 1974; Spelbring *et al.*, 1977; Nelson *et al.*, 1982).

En el *Peso al destete* no se encontraron diferencias en los efectos aditivos directos entre ambas razas, -1,36 kg ($P=0,3995$), (Cuadro 4), lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Dillard *et al.* (1980) y por Gimeno *et al.* (2002) y Lema (2007) a nivel nacional. Sin embargo, los estudios de Alenda *et al.* (1980), Koch *et al.* (1985), Franke *et al.* (2001) y Melucci *et al.* (2011) reportan una superioridad de H/H respecto de A/A en un intervalo de 4,4 a 9,2 kg. Como se estableció anteriormente, la expresión del potencial de la raza H/H en su efecto individual sería posible en ambientes menos restrictivos que los nuestros. El ambiente para la expresión de esta característica lo constituye la producción de leche materna, la cual en nuestras condiciones es menor en vacas H/H (Casal *et al.*, 2009).

Los efectos aditivos maternos de A/A aumentaron en casi 5 kg el peso al destete en relación a H/H, 4,87 kg ($P=0,0001$), lo cual es consistente con los resultados de Alenda *et al.* (1980) que estimaron un valor de 4,5 kg para este parámetro. Dillard *et al.* (1980), Koch *et al.* (1985) y Melucci *et al.* (2011) reportan diferencias mayores a favor

de Angus de 9,8, 11,0 y 10,2 kg respectivamente, en tanto, Cunningham y Magee (1988) y Franke *et al.* (2001) estimaron diferencias aún mayores, de 46,3 y 17,6 kg respectivamente, en el orden de las encontradas por Lema (2007), de 18,5 kg. En sentido contrario, MacNeil *et al.* (1982) no obtuvieron diferencias entre las dos razas. Si tenemos en cuenta que la producción de leche es un componente importante de la habilidad materna, los resultados de este trabajo van en el sentido de los hallazgos de Casal *et al.* (2009), quienes trabajando con A/A, H/H y sus cruzas recíprocas, observaron que la raza A/A fue la de mayor producción de leche, con 5,8 kg al momento del pico de producción frente a 5,0 y 5,2 de H/H y las F1, respectivamente. Los resultados muestran, como en el peso al nacimiento, la importancia que podría tener en nuestros sistemas criadores, la utilización de madres Angus, las que aumentaron en casi 5 kg el peso de los terneros al destete en relación a Hereford.

La heterosis individual estimada para peso al destete fue 5,1 kg, ($P=0,0001$), lo que concuerda con los valores obtenidos por Rogberg (2005) de 5,5 kg y Lema (2007), de 5,3 kg. Los valores publicados en la literatura extranjera son superiores (Dillard *et al.*, 1980; Koch *et al.*, 1985; Cunningham y Magee, 1988; Melucci *et al.*, 2011), los cuales variaron entre 6,7 kg y 26,3 kg. Gimeno *et al.* (2002) no obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en este parámetro.

La heterosis maternal aumentó significativamente el peso al destete en 11,6 kg, ($P=0,0001$), lo cual es consistente con los resultados de Koch *et al.* (1985), Cunningham y Magee (1988) y Lema (2007) con 12,8, 11,8 y 11,9 kg respectivamente. Franke *et al.* (2001) reportaron un valor superior de 16,0 kg. En sentido contrario, Dillard *et al.* (1980) y Melucci *et al.* (2011) encontraron valores menores a los de este trabajo, de 3,2 y 9,7 kg respectivamente, en tanto Alenda *et al.* (1980) no encontraron significancia en este parámetro. Los beneficios derivados de la heterosis individual y maternal, ambas significativas en este estudio, señalan las ventajas que podrían tener en nuestros rodeos comerciales la utilización de cruzamientos entre las dos razas más utilizadas en la producción de carne en el país.

Los parámetros de cruzamientos estimados nos permiten contar con una herramienta valiosa para evaluar objetivamente el desempeño de cruzamientos entre las razas Hereford y Angus en las condiciones de pastoreo en campo natural del Uruguay.

Conclusiones

Las estimaciones de diferencias en los efectos aditivos individuales mostraron que la raza Aberdeen Angus disminuyó el peso al nacimiento, en tanto en los efectos aditivos maternos aumentó el peso al destete en relación a Hereford. El uso del cruzamiento mejoró el porcentaje de destete debido a la heterosis individual observada y también aumentó el peso al destete de los terneros cuando fueron criados por madres cruza, al explotarse la heterosis individual y maternal. Los parámetros de cruzamientos estimados mostraron las ventajas que podría tener el uso de cruzamientos entre Hereford y Angus en nuestros sistemas de cría, desarrollados bajo condiciones de pastoreo en zonas templadas.

Bibliografía

- Alencar MM de, Cruz GM da, Brazao CS, Correa L de A, Tambasco AJ, Freitas MA de Alencar MM. 1991. Comportamento de bezerros da raça Canchim e cruzados Canchim X Nelore durante amamentação. En: 9º Encontro Anual de Etologia. Encontro Anual de Etologia. Anais. Florianópolis : Universidade Federal de Santa Catarina. pp. 186.
- Alenda R, Martin TG, Lasley JF, Ellersieck MR. 1980. Estimation of genetic and maternal effects in crossbreed cattle of Angus, Charolais and Hereford parentage. *Journal of animal science*, 50: 226 - 234.
- Arambarri F, Barla F. 2010. Evolución de las reservas corporales en vacas de cría gestantes de distintos grupos genéticos bajo diferentes ofertas de forraje del campo natural [Tesis de grado]. Montevideo : Universidad de la República. Facultad de Veterinaria. 78p.
- Avendaño S, Gimeno D. 1996a. Eficiencia relativa de dos experimentos dialélicos entre las razas Hereford y Aberdeen Angus. En: Primer Congreso Uruguayo de Producción Animal; 2 - 4 de octubre, 1996; Montevideo, Uruguay. Montevideo : Facultad de Agronomía. pp. 132 - 136.
- Avendaño S, Gimeno D. 1996b. Efecto de diferentes modelos genéticos en la optimización de un experimento dialélico entre las razas Hereford y Aberdeen Angus. En: Primer Congreso Uruguayo de Producción Animal; 2 - 4 de octubre, 1996; Montevideo, Uruguay. Montevideo : Facultad de Agronomía. pp. 124 - 127.
- Boggs DL, Smith EF, Schalles RR, Brent BE, Corah LR, Pruitt RJ. 1980. Effects of milk and forage intake on calf performance. *Journal of animal science*, 51: 550 - 553.
- Carámbula M. 1987. Las pasturas de la zona norte del Uruguay. En: IX Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de las Reservas Forrajeras del Área Tropical y Subtropical : Grupo Campos y Chaco. Tacuarembó : CIAAB. Uruguay. pp. 5-14.
- Carámbula M. 1978. Producción de pasturas. Miscelánea (CIAAB), 18: 5 - 7.
- Casal A, Gutiérrez V, Graña A, Carriquiry M, Espasandín AC. 2009. Curvas de lactancia y composición de leche en vacas primíparas Hereford, Angus y sus respectivas cruza. En: XXXVII Jornadas Uruguayas de Buiatría. Paysandú : Centro Médico Veterinario de Paysandú. pp. 179.
- Cundiff LV, Gregory KE, Koch RM. 1974. Effects of heterosis on reproduction in Hereford, Angus and Shorthorn cattle. *Journal of animal science*, 38: 711 - 727.

- Cunningham EP, Magee WT.** 1988. Breed-direct, breed-maternal and nonadditive genetic effects for preweaning traits in crossbred calves. *Canadian Journal of Animal Science*, 68: 83 - 92.
- Dickerson GE.** 1973. Inbreeding and heterosis in animals. Proc. Animal Breeding and Genetics Symposium in Honor of Dr. J. L. Lush. Champaign: American Society of Animal Science: American Dairy Science. pp. 54 - 77.
- Dickerson GE.** 1969. Experimental approaches in utilizing breed resources. *Animal Breeding Abstracts*, 37: 191-202.
- DIEA.** 2012. Anuario estadístico agropecuario 2012 [En línea]. Montevideo: MGAP. Consultado 2 de Diciembre 2013. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/Dieaanterior/Anuario2012/DIEA-Anuario-2012web.pdf>.
- Dillard EU, Rodriguez O, Robison O.** 1980. Estimation of additive and nonadditive direct and maternal genetic effects from crossbreeding beef cattle. *Journal of animal science*, 50: 653 - 663.
- Espasandin AC, Do Carmo M, Lopez C, Cal V, Cáceres O, Bentancur D, Carriquiry M, Soca P.** 2012. Modificaciones en la oferta de forraje natural y del grupo genético en busca de la eficiencia en la cría vacuna. En: Efecto de la oferta de forraje y grupo genético de las vacas sobre la productividad y sostenibilidad de la cría vacuna en campo natural. Montevideo: INIA. (Serie FPTA; 48). pp. 55 - 64.
- Espasandin AC, Franco J, Oliveira G, Bentancur O, Gimeno D, Pereyra F, Rogberg M.** 2006. Impacto productivo y económico del uso del cruzamiento entre las razas Hereford y Angus. En: XXXIV Jornadas Uruguayas de Buiatría. Paysandú: Centro Médico Veterinario de Paysandú. pp. 41 - 51.
- Espasandin AC, Packer IU, Alencar MM.** 2001. Produção de Leite e Comportamento de Amamentação em Cinco Sistemas de Produção de Gado de Corte. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 30: 702 - 708.
- Franke DE, Habet O, Tawah LC, Williams AR, Derouen SM.** 2001. Direct and maternal genetic effects on birth and weaning traits in multibreed cattle data and predicted performance of breed crosses. *Journal of animal science*, 50: 1731 - 1722.
- Gimeno D, Aguilar I, Franco J, Feed O.** 2002. Rasgos productivos y reproductivos de hembras cruza. En: Cruzamientos en bovinos de carne. Montevideo: INIA. (Serie actividades de difusión; 295). pp. 11 - 20.
- Gioia S, Licha F.** 2008. Producción de leche en vacas Aberdeen Angus, Hereford y sus cruza. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 72 p.
- Kinghorn BP.** 1980. The expression of recombination loss in quantitative traits. *Zeitschrift für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie*, 97(1-4): 138 - 143.
- Koch RM, Dickerson GE, Cundiff LV, Gregory KE.** 1985. Heterosis retained in advanced generations of crosses among Angus and Hereford cattle. *Journal of animal science*, 60: 1117 - 1132.
- Koch RM, Cundiff LV, Gregory KE, Dickerson GE.** 1973. Genetic and phenotypic relations associated with preweaning and postweaning growth of Hereford bulls and heifers. *Journal of animal science*, 36: 235-239.
- Laster DB, Gregory KE.** 1973. Factors Influencing Peri- and Early Postnatal Calf Mortality. *Journal of animal science*, 37: 1092 - 1097.
- Lema OM.** 2007. Efeitos aditivos e não aditivos entre cruza Hereford, Aberdeen Angus, Salers e Nelore em características pré desmame. Dissertação (Mestrado em Melhoramento animal). Pelotas: Universidade Federal de Pelotas. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. 99p.
- Lema OM, Gimeno D, Dionello NJL, Navajas EA.** 2011 Pre-weaning performance of Hereford, Angus, Salers and Nelore crossbred calves: Individual and maternal additive and non-additive effects. *Livestock Production Science*, 142: 288 - 297.
- Long CR.** 1980. Crossbreeding for beef productions: experimental results. *Journal of animal science*, 51: 1197.
- Long CR, Gregory KE.** 1974. Heterosis and breed effects in preweaning traits of Angus, Hereford and reciprocal cross calves. *Journal of animal science*, 39: 11 - 17.
- MacNeil MD, Dinkel CA, Van Vleck LD.** 1982. Individual and maternal additive and heterotic effects on 205-day weight in beef cattle. *Journal of animal science*, 54: 951 - 956.
- Madalena FE.** 2001. Consideraciones sobre modelos para la predicción del desempeño de cruzamientos en bovinos. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 9: 108 - 117.
- Medina W, Rios I, Rubial L.** 2010. Evolución de indicadores y pérdidas reproductivas en los rodeos de cría de las Estaciones Experimentales EEMAC y EEER de la Facultad de Agronomía [Tesis de grado]. Montevideo: Facultad de Agronomía. 82p.
- Melucci LM, Uribe MJ, Moronta M y Colatto E.** 2011. Cruzamientos en bovinos para carne en la región pampeana argentina. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 19: 195.
- Nelsen TC, Kress DD.** 1981. Additive and multiplicative correction factors for sex and age of dam in beef cattle weaning weight. *Journal of animal science*, 53: 1217 - 1224.
- Nelson LA, Beavers GD, Stewart TS.** 1982. Beef • beef and dairy • beef females mated to Angus and Charolais sires: II. calf growth, weaning rate and cow productivity. *Journal of animal science*, 54: 1150 - 1159.
- Reynolds WL, DeRouen TM, Moin S, Koonce KL.** 1980. Factors influencing gestation length, birth weight and calf survival of Angus, Zebu and Zebu cross beef cattle. *Journal of animal science*, 51: 860-867.
- Rogberg M.** 2005. Heterosis y desempeño en características de crecimiento en las razas Angus, Hereford y su cruza F1 [Tesis de grado]. Montevideo: Facultad de Agronomía. 39p.
- Rollins WC, Loy RG, Carroll FD, Wagnon KA.** 1969. Heterotic Effects in Reproduction and Growth to Weaning in Crosses of the Angus, Hereford and Shorthorn Breeds. *Journal of animal science*, 28: 431 - 436.
- Soca P, Carriquiry M, Keisler DH, Claramunt M, Do Carmo M, Olivera-Muzante J, Rodriguez M, Meikle A.** 2013. Efecto del flushing y tipo de destete temporario sobre la productividad de vacas primíparas en pastoreo de campo natural. En: Efecto de la oferta de forraje y grupo genético de las vacas sobre la productividad y sostenibilidad de la cría vacuna en campo natural: Proyecto FPTA-242 Oferta de forraje, grupo genético de las vacas y flushing: aportes a las mejoras de resultado productivo y mitigación de la variabilidad climática de la cría en campo natural. Montevideo: INIA. (Serie FPTA; 48). pp. 35 - 42.
- Soca P, Olmos F, Espasandin AC, Bentancur D, Pereyra F, Cal V, Sosa M, Do Carmo, M.** 2008. Herramientas para mejorar la utilización del forraje del campo natural, el ingreso económico de la cría y atenuar los efectos de la variabilidad climática en sistemas de cría vacuna en el Uruguay. En: Seminario de actualización técnica en cría vacuna. Montevideo: INIA. (Serie Técnica; 174). pp. 110 - 135.
- Sölkner J.** 1991. The impact of different genetics models on the optimum design of crossbreeding experiments. *Animal Production*, 52(2): 255 - 262.
- Sölkner J, Fucks W.** 1994. ODCE: Optimum Design of Crossbreeding Experiments [En línea]. Consultado 16 de Abril 2011. Disponible en: www.Nas.boku.ac.at/1899.html.
- Spelbring MC, Martin TG, Drewry KJ.** 1977. Maternal Productivity of Crossbred Angus x Milking Shorthorn Cows: II. Cow Reproduction and Longevity. *Journal of animal science*, 45: 976-982.