

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**HETEROSIS Y EFECTOS GENÉTICOS EN CARACTERES
ASOCIADOS A LA CRÍA EN LOS CRUZAMIENTOS ENTRE ANGUS Y
HEREFORD**

por

Felipe SCREMINI

Alejandro TABASSO

**Trabajo final de grado
presentado como uno de los
requisitos para obtener el título
de Ingeniero Agrónomo**

MONTEVIDEO

URUGUAY

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a:

Ana Carolina Espasandin

Tribunal:

Ana Carolina Espasandin

Andre Larracharte

Paula Gonzalez

Fecha: 29 de junio de 2023

Estudiante:

Felipe Scremini Ortiz de Taranco

Alejandro Tabasso Palomeque

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias y amigos que confiaron en nosotros y nos brindaron su apoyo incondicional a lo largo de la carrera.

A la Ing. Agr. (Ph.D) Ana Carolina Espasandin por la orientación en este trabajo y por el apoyo para culminar esta etapa de formación.

TABLA DE CONTENIDO

HOJA DE APROBACIÓN.....	2
AGRADECIMIENTOS	3
LISTA DE TABLAS	5
RESUMEN.....	6
SUMMARY	7
1. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1 OBJETIVO	9
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	10
2.1 HETEROSIS	10
2.2 SISTEMA DE CRUZAMIENTOS	12
2.2.1 Características importantes en la mejora genética de la fase de cría....	14
2.2.1.1 Largo de gestación	15
2.2.1.2 Condición corporal al parto	17
2.2.1.3 Peso al nacimiento	20
2.2.1.4 Peso al destete.....	25
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
4.1 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LOS DISTINTOS PARÁMETROS SEGÚN DISTINTOS GRUPOS GENÉTICOS.....	32
4.2 ESTIMACIÓN DE MEDIAS DE MÍNIMOS CUADRADOS PARA LOS DISTINTOS GENOTIPOS	34
4.3 ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GENÉTICOS DE CRUZAMIENTO	37
5. CONCLUSIONES.....	42
6. BIBLIOGRAFIA.....	43

LISTA DE TABLAS

Tabla No.	Página
Tabla 1. Fracción de heterosis según cruzamiento	14
Tabla 2. Largo de gestación en diferentes razas según sexo	16
Tabla 3. Diferencias de efectos aditivos y no aditivos en peso al nacimiento para la raza Aberdeen Angus expresados en relación con Hereford (kg).....	22
Tabla 4. Diferencias de efectos aditivos y no aditivos en peso al destete para la raza Aberdeen Angus expresados con relación a Hereford (kg)	26
Tabla 5 Proporción de genes y de heterosis según tipo de cruzamiento.....	28
Tabla 6. Análisis de varianza del peso de la vaca al parto	32
Tabla 7. Análisis de varianza del intervalo interpartos en la vaca de cría	32
Tabla 8. Análisis de varianza para peso al nacer según raza del ternero	33
Tabla 9. Análisis de varianza de la condición corporal al parto de la vaca de cría	33
Tabla 10. Análisis de varianza del peso al destete.....	33
Tabla 11. Estimación de medias de mínimos cuadrados (\pm error estándar) para peso de vaca según genotipo	34
Tabla 12. Estimación de medias de mínimos cuadrados (\pm error estándar) para condición corporal al parto en diferentes genotipos.....	35
Tabla 13. Medias de mínimos cuadrados (\pm error estándar) para el Intervalo Interparto en vacas de las razas Angus y Hereford, sus cruza F1 y retrocruzas	35
Tabla 14. Estimación de medias de mínimos cuadrados (\pm error estándar) para peso al nacer según grupo genético	36
Tabla 15. Estimación de medias de mínimos cuadrados (\pm error estándar) para peso al destete según raza del ternero	36
Tabla 16. Estimación de parámetros de cruzamientos aditivos y no aditivos (\pm error estándar), PN, PD, CCP y IIP	38

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue la evaluación de diferentes variables de carácter relevante para la cría. En un experimento dialéctico entre las razas Hereford (H/H) y Aberdeen Angus (A/A) desarrollado entre los años 1994 y 2002 en la Estación Experimental Bernardo Rosengurtt 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), peso al destete (PD) e intervalo interparto (IPP). En Peso al nacimiento no se diferenciaron significativamente los efectos aditivos directos, ni maternos. Por el contrario, para la heterosis materna si se observaron diferencias significativas. Para el caso de la heterosis individual se observó una tendencia (Pr F=0.09) a ser 0,049 kg más pesados, en el caso de heterosis materna existió un aumento de $0,27 \pm 0,11$ kg ($P < 0,05$) de peso al nacer en madres HA. En el caso de peso al destete no se observaron diferencias significativas para los efectos aditivos individuales directos entre ambas razas. Los efectos aditivos maternos de AA/AA aumentaron en casi $9,95 \pm 4,12$ kg el peso al destete en relación a HH/HH ($P < 0,05$), lo cual es consistente con los resultados de Alenda et al. (1980) que estimaron un valor de 4,5 kg para este parámetro. La heterosis individual estimada para peso al destete fue $2,14 \pm 1,07$ kg, ($P < 0,05$). Para condición corporal, tanto los efectos aditivos individuales y heterosis individual a pesar de encontrarse diferencias significativas a favor de estos, los mismos no toman relevancia ya que la condición corporal se discrimina con valores no menores a 0,25 puntos. En intervalos interpartos tampoco se vieron diferencias significativas, valores de efectos aditivos individuales y de heterosis individual demuestran que no hay relevancia en el genotipo utilizado para esta característica.

Palabras Clave: heterosis, Hereford, Angus, efectos aditivos

SUMMARY

The objective of this work was the evaluation of different variables relevant to breeding. In a diallelic experiment between Hereford (H/H) and Aberdeen Angus (A/A) breeds developed between 1994 and 2002 at the Bernardo Rosengurt Experimental Station of the Faculty of Agronomy-Udelar, Uruguay, differences in direct genetic effects (gIA-gIH) and maternal genetic effects (gmA-gmH) and maternal genetic effects (gmA-gmH) were estimated, differences in direct genetic effects (gIA-gIH) and maternal genetic effects (gmA-gmH), individual (hIAH) and maternal (hmAH) heterosis effects were estimated by means of linear models for body condition at calving (BCC), birth weight (BW), weaning weight (DW) and inter-calving interval (IPP). For birth weight, neither direct nor maternal additive effects were significantly different. On the other hand, for maternal heterosis, significant differences were observed. In the case of individual heterosis there was a tendency (Pr F=0.09) to be 0.049 kg heavier, in the case of maternal heterosis there was an increase of 0.27 ± 0.11 kg ($P < 0.05$) in birth weight in HA dams, in the case of weaning weight there were no significant differences for direct individual additive effects between both breeds. Maternal additive effects of AA/AA increased by almost 9.95 ± 4.12 kg weaning weight relative to HH/HH ($P < 0.05$), which is consistent with the results of Alenda et al. (1980) who estimated a value of 4.5 kg for this parameter. The individual heterosis estimated for weaning weight was 2.14 ± 1.07 kg, ($P < 0.05$) For body condition, both individual additive effects and individual heterosis, in spite of finding significant differences in favor of these, they do not take relevance since body condition is discriminated with values not less than 0.25 points; in inter-calving intervals no significant differences were seen either, values of individual additive effects and individual heterosis show that there is no relevance in the genotype used for this characteristic.

Keywords: heterosis, Hereford, Angus, additive effects

1. INTRODUCCIÓN

La cría bovina en el Uruguay se caracterizó tradicionalmente por la utilización de líneas de origen británico por poseer características de interés en nuestros sistemas de producción, como son los menores requerimientos de mantenimiento y la habilidad de destetar terneros pesados (Espasandin et al., 2006).

Cada raza fue desarrollada con determinado objetivo y para determinados sistemas de producción, no existiendo una mejor para todos los rasgos que afectan a los sistemas. Caso como este es el de la cría e internada, ya que las características están correlacionadas negativamente. La forma de superar tal antagonismo es mediante la incorporación de cruzamientos entre razas, y de esta forma lograr además de la heterosis, la complementariedad. La complementariedad mide el beneficio de aparear razas en secuencias específicas para maximizar o conjuntar características deseadas y minimizar el impacto de las indeseadas (Gimeno, 1991).

Complementar rasgos de los animales repercute en un beneficio económico para el sistema, haciendo coincidir el potencial genético con los recursos ambientales, climático, alimenticios o estándares del mercado, repercutiendo finalmente en el resultado económico del sistema (Lema et al., 2015).

Los cruzamientos se basan en el apareamiento de animales de diferentes razas o cruza de las mismas. El hecho de incorporar los cruzamientos en los sistemas de cría, radica en sacar provecho de la heterosis o vigor híbrido, y de esta forma generar complementariedad en un animal de características deseadas presentes en razas diferentes y producir animales para la formación de nuevas razas (Rovira, 1996). La heterosis describe la diferencia en productividad de los hijos de una crua respecto al promedio de las razas parentales. Para la determinación de la misma, es necesario que ambas razas intervengan tanto como padres y madres.

La elección de la estrategia de cruzamientos más adecuada requiere la evolución de las razas disponibles, tanto desde el punto de vista productivo como, principalmente, económico (Madalena, 1989).

Del cruzamiento entre dos líneas parentales, el resultado esperado de la progenie es que la misma esté compuesto por 50% de los genes paternos y 50% de los maternos.

Para una correcta utilización de los recursos genéticos en los sistemas de producción de carne, es necesario caracterizar las diferentes razas a utilizar en términos de parámetros genéticos 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 (Dickerson, 1969, 1973).

En base a todo lo explicado anteriormente, el objetivo de nuestro trabajo es determinar la heterosis y efectos raciales de caracteres asociados a la cría vacuna, en un sistema dialélico de cruzamientos entre las razas Aberdeen Angus y Hereford.

1.1 OBJETIVO

Se plantea, como objetivo específico, describir desde el punto de vista fenotípico y genético a la condición corporal, peso vivo e intervalo interpartos en vacas de cría de las razas Hereford y Angus y en las cruza entre ellas.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Como existen muchos sistemas de cruzamientos (terminal, rotacional, rotacional-terminal, de dos, tres o más razas, etc.), la comparación de todas las alternativas posibles sería muy costosa. Por ello, es posible predecir el resultado de los diferentes sistemas a partir de la evaluación de solamente algunos cruzamientos, valiéndose de modelos genéticos que permiten explicar el desempeño en función de parámetros de cruzamientos, como la heterosis y la diferencia aditiva entre las razas (Dickerson, 1969).

Utilizando las estimaciones obtenidas a través de modelos adecuados, es posible predecir el desempeño de genotipos que no fueron evaluados (Kinghorn & Vercoe, 1989).

Los modelos utilizados deben considerar el efecto de los genes a tres niveles: aditivos (el efecto de un solo gen actuando de forma independiente); de dominancia (efecto de la acción conjunta de pares de genes de un mismo locus); y epistáticos (efecto de acción conjunta de dos o más genes de dos o más loci) (Cunningham & Magee, 1988).

La máxima heterosis es obtenida en el primer cruzamiento de diferentes razas. El cruzamiento recíproco con una de las razas parentales (como por ejemplo en un sistema rotacional), reduciría la heterosis, y con ello, una baja en la producción. La heterosis puede impactar en muchos rasgos, pero es especialmente usada para mejorar el rendimiento en rasgos de baja heredabilidad, como reproductivos y crecimiento temprano (Gosey, 2005). Este mismo autor reportó una heterosis para peso al destete de 13 %.

2.1 HETEROSIS

La heterosis individual (h^i) se define como la diferencia entre el desempeño de la F1 y el promedio de ambas razas parentales, mientras que la heterosis materna (h^m) es atribuible a la utilización de madres cruzas. Esta heterosis se manifiesta en los hijos de madres cruzas como una superioridad debida al aumento en producción de leche, mejor ambiente prenatal y mayor habilidad materna (Cardellino & Rovira, 1987).

La heterosis ocurre como consecuencia de la dominancia, que es el efecto de la acción conjunta de pares de genes dentro de un mismo locus. Se ha encontrado que en ambientes buenos los niveles de heterosis son menores que en ambientes pobres (Cunningham & Magee, 1988). La mayoría de los estudios de heterosis para peso adulto en ganado de carne se han enfocado en cruzamientos entre razas británicas.

La heterosis es el fenómeno contrario a la depresión por consanguinidad, pudiendo ser definida como el aumento de la media de la progenie cruce en relación a la media de las razas parentales puras, pudiendo ser calculada mediante la ecuación:

$$F1 - [(p1 + p2)/2]$$

$$H = \frac{\text{F1} - [(p1 + p2)/2]}{(p1 + p2)/2} \times 100$$

$$(p1 + p2)/2$$

La base genética de la heterosis radica en el hecho de que diferentes razas son de alelos distintos para un mismo carácter y posiblemente muchos de ellos en condición homocigota, debido tanto a los procesos de adaptación a las condiciones locales, como a factores aleatorios de cambios en las frecuencias génicas (deriva genética). Notter (1987) describe la media del desempeño esperado en las poblaciones cruce en términos de la contribución de una serie de combinaciones genéticas entre las razas paterna y materna. Un individuo cruzado, por lo tanto, portará: a) media de la contribución aditiva de los genes nucleares recibidos de cada padre (g^i) también llamado efecto genético aditivo de cada raza; b) efectos directos de la heterosis (h^i) atribuidos al aumento de la heterocigosis en el individuo cruzado; c) Efectos directos de la recombinación (r^i) atribuida a la formación de nuevas combinaciones epistáticas en la progenie de individuos cruzados; d) media de los efectos maternos de la madre pura o cruzada, en la expresión de la característica de la progenie que pueden incluir contribuciones aditivas de los genes del núcleo (g^m), efectos heteróticos maternos (h^m) resultantes de la heterocigosis de la madre, efectos de la recombinación en la madre (r^m), media de los efectos mitocondriales de la madre (m^f) y media de los efectos de los genes ligados al sexo encontrados en el cromosoma X; y e) media de los efectos paternos de los padres

puros o cruzados, en la expresión de la característica de la progenie, que pueden incluir contribuciones aditivas de los genes nucleares (gp), efectos de la heterosis paterna (hp), efectos de la recombinación en el padre (rp) y la media de los efectos de los genes restringidos al sexo, encontrados en el cromosoma Y. Como puede observarse, el desempeño de los animales cruza depende de los efectos aditivos y heteróticos, y su superioridad en relación a una de las razas puras depende, además de la utilización de los mejores individuos en ambas razas. La magnitud de la heterosis es directamente proporcional al grado de heterocigosidad y por lo tanto cabe esperar que sea mayor cuanto más se diferencien las razas parentales. Existen diferentes formas de explotar la heterosis individual y materna, en los llamados sistemas de cruzamientos. Conforme a lo explicado por Bertram (2002) como se cita en Espasandín (2004), existen cinco esquemas disponibles para ser aplicados a nivel productivo: a) Dos razas. b) Retrocruzamiento, c) Tres razas. d) Rotativo y d) Compuesto.

2.2 SISTEMA DE CRUZAMIENTOS

Según Mezzadra (2005) las dos vías de mejoramiento son la selección y el uso de cruzamientos. En estos últimos, los resultados obtenidos son más rápidos que los logrados realizando selección. Los cruzamientos consisten en el apareamiento de animales de diferentes razas o de sus cruza

El uso de cruzamientos en el mejoramiento animal puede tener tres grandes objetivos:

- a. Sustitución de poblaciones. Esto se realiza fundamentalmente a través de los llamados cruzamientos absorbentes y se ha llevado a cabo en gran escala en la historia de la cría animal en casi todos los países del mundo. Un ejemplo es la absorción del ganado criollo por las razas británicas en América del Norte y del Sur.
- b. Explotación de la complementariedad. Se trata de combinar en una sola población las características deseables de dos poblaciones base o sintéticas, a partir de las cuales se selecciona simultáneamente por los caracteres que se busca combinar. En la mayoría de los casos resulta en la formación de nuevas razas, particularmente en ganado bovino y ovino que, de acuerdo con la aceptación por parte de los criadores, logran mayor o menor difusión.

c. Explotación de Heterosis. Si bien los dos objetivos anteriores dependen de las diferencias aditivas entre las líneas usadas en el conjunto de caracteres de interés económico, este último depende de los efectos no aditivos. Tomando la hipótesis de la dominancia como base de la heterosis, estos sistemas de cruzamiento pretenden maximizar el grado de heterocigosis, lo que no quiere decir que no hagan también uso de la complementariedad.

La performance de un individuo cruza puede ser predicha mediante sus componentes:

$$a) P = g^i + h^i + r^i + g^m + h^m + r^m + g^p + h^p + r^p$$

Como se puede ver los efectos genéticos de un individuo, están constituidos por los aportes de los padres y del mismo individuo. Estos son:

- a) g son los efectos aditivos aportado por cada padre.
- b) los h son los efectos de la heterosis.
- c) r son los efectos de nuevas combinaciones epistáticas.

Desde el punto de vista genético la heterosis depende de los efectos de dominancia y epistasis, siendo su mayor expresión en características de baja heredabilidad como los reproductivos.

Existen diversos esquemas de cruzamiento, en donde cada uno explota en mayor o menor medida la heterosis y la complementariedad como lo muestra la siguiente tabla:

Tabla 1*Fracción de heterosis según cruzamiento*

Tipo de cruzamiento	Fracción de heterosis		
	Individual	Materna	Paterna
Raza pura	0	0	0
Cruza de 2 razas	1	0	0
Retrocruzas:			
A x AB o BA	1/2	1	0
AB x A o B	1/2	0	1
Cruza de 3 razas:			
C x AB o BA	1	1	0
AB x C	1	0	1
Cruzamiento Rotacional:			
2 razas	2/3	2/3	0
3 razas	6/7	6/7	0

Nota. Adaptado de Mezzadra (2005).

Como se puede ver en el cuadro, la utilización de 2 o 3 razas hace máximo el porcentaje de heterosis individual. El máximo de heterosis maternal se da en los cruzamientos de 3 razas y genotipo materno cruza.

2.2.1 Características importantes en la mejora genética de la fase de cría

Los cruzamientos pueden ser una alternativa para aumentar la eficiencia de la cría vacuna al mejorar caracteres que no pueden ser mejorados rápidamente por la selección, explotando el vigor híbrido y la complementariedad. Las características más favorecidas por esta tecnología, 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.

En este trabajo se analizarán 4 características, 2 medidas en la vaca: largo de gestación y condición corporal al parto; y 2 medidas en el ternero: peso al nacimiento y peso al destete. No se incluyen en este estudio otras también

importantes en la etapa de cría, como son el porcentaje de preñez, de parición y de destete.

2.2.1.1 Largo de gestación

El largo de gestación comienza cuando el embrión se fija a los 22 días y culmina con el parto. Este varía entre 275 y 290 días dependiendo de las razas (Rovira, 1996).

El período de gestación está asociado a la eficiencia productiva, al peso al nacer y al intervalo de partos. La reducción del período de gestación trae como consecuencia un aumento en el período parto concepción, teniendo más días para que la vacas vuelvan a entrar en celo (Alencar et al., 1991).

Avedaño y García (1996) encontraron que las variables que afectan el largo de gestación son: el sexo del ternero ($P < 0.01$), época de nacimiento ($P < 0.01$) y la raza del padre ($P < 0.01$).

Para la variable sexo del ternero, Herring et al. (1996) encontraron diferencias, siendo que los machos demoran 1,9 días más para nacer que las hembras. Paschal et al. (1991) también encontraron diferencias en el largo de gestación, con duraciones de 296,1 y 291,3 días en machos y hembras, respectivamente.

Cundiff et al. (1998) postulan que aún dentro de una misma raza, las diferentes líneas (que difieren en el peso vivo o masa muscular) existen diferencias en la gestación. En la raza Hereford, los terneros más pesados demoran en media 4 días más para nacer que los más livianos.

En el mismo sentido, es lógico el resultado observado en las razas británicas, con gestaciones más cortas comparadas con otros biotipos. No así los genotipos índicos presentan gestaciones sensiblemente más duraderas pero acompañadas de períodos post parto menores (Browning et al., 1995).

Cundiff et al. (1998) reportan para la raza Aberdeen Angus periodos de 283 días, de 283,2 días para Hereford y de 284 días para Shorton. Al usar razas cebuinas como paternas se alarga el periodo de gestación. En cruzamientos de madres de razas británicas con padres Nelore, se observó en vacas de 3 años gestaciones de 284, 9 días y 286,4 días en vacas adultas.

Estudios realizados por Browning et al. (1995) obtuvieron datos para los cruzamientos Angus x Brahmán dando un largo de gestación de 284 días mientras que para los Brahmán puros tenían un periodo de 293,7 días ($P < 0.05$).

En Argentina, Melucci y García (1993) encontraron periodos de 283 y 280 días para las razas Aberdeen Angus y la cruce Hereford x Angus. En la cruce entre madres $\frac{1}{2}$ Nelore $\frac{1}{2}$ Aberdeen Angus y padres Angus la duración observada fue de 285 días y de 293 días cuando el padre era de la raza Nelore. En Brasil, Paschal et al. (1991) trabajando con vacas Hereford multíparas cruzadas con Aberdeen Angus, Brahmán, Indu-Brazil, Nelore y Gir detectaron diferencias en la duración de esta variable cuando el padre era Angus o Nelore, con un periodo de 282 días y 294 días respectivamente.

Reynolds et al. (1980) encontraron largos de gestación para la raza Aberdeen Angus de 280 días, para Brahmán de 291,1 días y para las cruces Aberdeen Angus x Brahmán y Brahmán x Aberdeen Angus 284 y 286 días, respectivamente.

Por su parte, Herring et al. (1996) no encontraron diferencia en el largo de gestación para la raza Boran (raza africana) con 289 días, en su comparación con Brahmán de 288 días de duración.

En Uruguay, Scarsi et al. (1971) como se cita en Ciria (2009) encontraron diferentes largos de gestación entre vacas de diferentes Genotipos conforme se presenta el Cuadro 4.

Tabla 2

Largo de gestación en diferentes razas según sexo

Raza	Macho	Hembra
Hereford xHereford	283,5 días	281,6 días
Aberdeen Angus x Aberdeen Angus	276,6 días	276,5 días
Limousin x Shorton	287,7 días	283,9 días
Limousin x Aberdeen Angus	285,1 días	285,3 días

Nota. Adaptado de Scarsi et al. (1971) como se cita en Ciria (2009)

Como se observa en el cuadro existió una diferencia de 7 días para los genotipos Hereford puros y Angus puro cuando el ternero era macho reduciéndose en las hembras a tres días en la raza Angus. En las cruzas con razas continentales se registraron mayores duraciones de gestación tanto en machos como hembras, no sucediendo lo mismo cuando la madre era Angus.

Gimeno et al. (2002) obtuvieron datos de largo de gestación de 281 días para la raza Hereford ($P < 0.01$), mientras que para la craza Nelore x Nelore-Hereford el periodo duró 9 días más, el periodo más corto fue del cruzamiento Angus x Hereford (279 días).

2.2.1.2 Condición corporal al parto

La composición del cuerpo, especialmente la cantidad de reserva de energía refleja el equilibrio energético de un animal e impacta en su capacidad de reproducirse satisfactoriamente (Dunn & Kaltenbach, 1980). La comprensión de los efectos de la nutrición sobre el comportamiento reproductivo mejoraría si se pudieran obtener estimaciones precisas de los cambios en la composición corporal en el animal vivo (Bartle et al., 1984).

Klawuhn y Staufenbiel (1998) sugirieron la posibilidad de evaluar el contenido de grasa corporal basado en mediciones de grasa subcutánea y determinaron coeficientes de correlación entre 0,80 y 0,87 entre el espesor de grasa subcutánea y el contenido de grasa corporal en vaquillonas y vacas de carne y leche. Otros estudios han relacionado el espesor de grasa subcutánea y la condición corporal (Carriquiry et al., 2009; Schröder & Stufaenbiel, 2006)

Para la estimación de la condición corporal en animales vivos se recurre habitualmente a métodos subjetivos tendientes a la detección de las reservas corporales presentes en el organismo bajo la forma de grasa y/o músculo, asignándose una puntuación. Este método tiene la ventaja de permitirnos estimar el estado nutricional de las vacas, sin que este se vea afectado por el tamaño del animal, el peso de la carga fetal o el llenado del tracto digestivo.

Una restricción alimenticia durante las fases finales de la gestación puede resultar en bajos porcentajes de preñez inclusive cuando el consumo de energía es adecuado durante el período posparto (Randel, 1990). Existe una interacción entre la condición corporal al momento de la parición (CCP) y el nivel de consumo de

energía posterior al parto, sobre el largo del período de anestro. Se sugiere que por encima de determinada CCP, el consumo de energía después del mismo pierde importancia (Short et al., 1990). En situaciones donde se alimentó para alcanzar o incrementar la cantidad de energía por sobre los requerimientos durante el postparto y la CCP fue “óptima” no se encontraron diferencias significativas en el largo del anestro (Short et al., 1990; Wright et al., 1992).

En Uruguay, el estado nutricional del ganado de cría se describe mediante la adaptación para vacas Hereford de una escala desarrollada en Australia para ganado lechero. Esta escala permite clasificar a las vacas de acuerdo a su estado corporal en un rango de 1 (muy flaca) a 8 (muy gorda) (Vizcarra et al., 1986). Los trabajos desarrollados a nivel internacional y nacional indican que existe un fuerte vínculo entre la condición corporal de una vaca y su comportamiento reproductivo, expresado a través del porcentaje de preñez alcanzado durante la estación de cría. Para lograr un buen comportamiento reproductivo es necesario satisfacer los requerimientos energéticos de la vaca en épocas claves del ciclo reproductivo.

Trabajos desarrollados por la Facultad de Agronomía de la UDELAR, Uruguay, con rodeos de cría pastoreando campo natural, demostraron que el estado corporal 4 en vacas, y 4,5 en vaquillonas de segundo entore, al parto e inicio del entore permiten lograr en promedio un 80 % de destete (Soca et al., 2001) y que la cantidad de forraje asignado durante otoño-invierno y el estado corporal de la vaca a fin de otoño explican la evolución de estado durante gestación avanzada y el estado corporal al parto-inicio del entore (Soca y Orcasberro, 1992). Por debajo de esos valores al parto, definidos como críticos, se encontraron marcadas reducciones en el porcentaje de preñez, explicadas por el largo anestro postparto que determina el no reinicio de la actividad cíclica y la ausencia de celos. El porcentaje de vacas no preñadas al final del entore, el intervalo entre partos, y el vigor del ternero al nacimiento están íntimamente relacionados con la condición corporal de las vacas, tanto al momento del parto como durante la época de servicios. Todos estos factores juegan un papel importante en el manejo de la producción de carne del par vaca-ternero y ayuda a determinar el porcentaje de crías viables de cada año. Es por eso que la condición corporal debería ser evaluada tres veces al año: en el destete, 60 a 90 días antes del parto, y al momento del parto (Vizcarra et al., 1986). Estos 3 momentos del año son muy importantes para tomar decisiones de manejo: al

destete, temprano en el otoño, permite preparar a las vacas (lotear de acuerdo a su CC) para enfrentar el invierno, buscando que al inicio del mismo lleguen todas con una condición tal que aun perdiendo un poco de peso durante esa estación, no se vea afectado su comportamiento reproductivo; 90 días antes del parto, es el momento donde se produce el mayor crecimiento del feto, se debe asegurar una buena condición de las vacas, mejorando la alimentación de aquellas que lo precisen y al parto también podemos operar en base a la CC priorizando la alimentación posparto de aquellas que lo precisen para llegar en buenas condiciones al entore próximo.

Soca et al. (2008), en un experimento desarrollado en la Estación Experimental Bernardo Rosengurt (EEBR) de la Facultad de Agronomía, con vacas Hereford, Aberdeen Angus y las cruzas recíprocas entre ambas razas, manejadas sobre campo natural todo el año y sometidas a 2 ofertas de forraje: alta (AO) = 10 kg MS/100 kg PV/día y baja (BO) = 6 kg MS/100kg PV/día, reportaron que la mejora en la oferta de forraje durante el período primavera-verano produjo cambios en la cantidad, altura y tasa de crecimiento del forraje y mejoró la condición corporal al parto, al inicio del entore y la probabilidad de preñez. Las vacas cruza (Hereford-Angus) mejoraron la condición corporal durante todo el período analizado, pasando de 3.75 a 4.00 al parto y 4.30 al inicio del entore; sin embargo, esto no se tradujo en un mejor desempeño reproductivo. Según este autor, probablemente las vacas cruza en la mejor oferta de forraje destinaron la mejora en el plano de alimentación a la producción de leche, lo cual se vio reflejado en el peso al destete logrado en los terneros (AO = 144 vs. BO = 135 kg, $P < 0,05$).

Arambarri y Barla (2010), trabajando en el mismo experimento, encontraron que la cantidad y composición de las reservas corporales durante los dos últimos tercios de la gestación en el invierno estuvieron afectadas por el grupo genético y la oferta de forraje. Las vacas cruza (Hereford-Angus) en alta oferta de forraje presentaron mejor índice de condición corporal, movilizand o menor cantidad de reservas que las vacas de raza pura.

Arango et al. (2002a), trabajando con cruces de toros de 22 razas diferentes sobre Hereford y Aberdeen Angus como razas maternas, estimaron una heredabilidad de 0,16 para condición corporal. Según estos autores, la CC puede ser útil para evaluar peso en vacas a grasa constante, más que un rasgo

independiente para seleccionar. Los resultados muestran que no hay relaciones antagónicas entre peso, altura y CC y sí hay importantes respuestas correlacionadas de la CC con ambas medidas de crecimiento. Los autores concluyen que la selección por CC no sería tan eficaz pero sí en cambio la respuesta correlacionada seleccionando por peso de la vaca. Estos mismos autores en otro estudio (Arango et al., 2002b) encontraron que el ajuste por CC no modificó el ranking de razas realizado en base al peso de vacas generadas por el cruce de toros Angus, Brahman, Hereford, Pinzgauer, Sahiwal, Tarentaise sobre vientres Angus y Hereford; sin embargo las diferencias absolutas sí cambiaron, lo que podría indicar que una parte de las diferencias (de pequeña magnitud) en peso se debieron a diferencias en la CC, por lo que concluyeron que la CC es un factor que no debe ser ignorado.

2.2.1.3 Peso al nacimiento

El peso al nacer es una característica de gran importancia para la producción bovina, dado que está directamente relacionado a la facilidad de parto, especialmente de vaquillonas. En la determinación del peso al nacimiento intervienen el componente individual del ternero y el componente maternal de la vaca. En esta característica es importante controlar que la combinación de efectos individuales y maternos no generen altos pesos al nacer, lo cual podría ocasionar dificultades al parto.

Según Holland y Odde (1992), las variaciones en peso al nacimiento son debidas a diferentes tasas de crecimiento durante el desarrollo prenatal, asumiendo un largo de gestación relativamente constante. Según estos autores, los factores que afectan la tasa de crecimiento fetal y por ende el peso al nacimiento se pueden agrupar en dos categorías: genéticos y ambientales. El factor genético más importante son las diferencias raciales, dadas por los efectos genéticos aditivos (directos, maternos y paternos), no aditivos a través de la heterosis (individual, maternal y paternal) y las pérdidas por recombinación (individuales, maternas y paternales). Además, se consideran los efectos de la consanguinidad y largo de gestación. Los factores ambientales más importantes son: la estación de parto, edad al parto de la madre, nutrición de la madre, mes y año de nacimiento del ternero, sexo del ternero, manejo, clima, etc.

En un estudio desarrollado por Ferrell (1991), donde examinó el desarrollo fetal y placentar de vacas preñadas Brahman y Charolais, concluyó que el genotipo

del feto determina el máximo potencial para el crecimiento fetal. También observó que, en general, el feto no expresa la totalidad de su potencial genético, ya que la vaca a través de su “ambiente uterino” podría limitar el crecimiento fetal en varios niveles. En el **Tabla 3** se presentan resultados de la estimación de efectos aditivos y no aditivos para peso al nacimiento en bovinos de carne.

Tabla 3

Diferencias de efectos aditivos y no aditivos en peso al nacimiento para la raza Aberdeen Angus expresados en relación con Hereford (kg)

Razas	Parámetros				Autores
	gi	gm	Hi	hm	
Hereford- Angus(1)		0,2			Long y Gregory (1974)
Hereford- Angus(1)		0,3			Gregory y Cundiff (1980)
Angus-Hereford	-4,3**	1,1**	0,5	-0,1(a)	Dillard et al. (1980)
Angus-Hereford	-3,6		1,2**	0,1	Alenda et al. (1980)
Angus-Hereford	-1,3**	-0,1	0,8**	1,0*	Koch et al. (1985)
Angus-Hereford	-3,4**	2,9	2,8***	-1,6	Cunningham y Magee (1988)
Angus-Hereford	-9,5***	8,0***	4,9*	-3,2	Cunningham y Magee (1988)
Hereford-Angus(1)	3,0**	-0,9	2,5**	0,9	Franke et al. (2001)
Angus-Hereford	0,6		-2,3		Gimeno et al. (2002)
Angus-Hereford	-1,8**	3,6***	0,3	1,8**	Lema (2007)
Angus-Hereford			0,65		Rogberg (2005)
Angus	3,5**	0,2	0,8**	0,2	Melucci y Mezzadra (2011)

gi y gm = efectos aditivos directos y maternos de Angus en relación a Hereford;

hi y hm = heterosis individual y maternal entre Angus y Hereford.

(a) hm = promedio de 3 razas

*= P<0.10 **= P<0.05 ***= P<0.01

(1) = base de comparación Angus

Nota. Resultados experimentales de estimación de efectos aditivos y no aditivos para raza Aberdeen Angus con relación a Hereford.

Como se puede observar, la raza Angus presenta efectos aditivos directos negativos con relación a Hereford, en un intervalo de 1,3 kg a 4,3 kg según lo reportado por Koch et al. (1985) y Dillard et al. (1980), con algún valor más alto como el obtenido por Cunningham y Magee (1988) de 9,5 kg. En Uruguay, Gimeno et al. (2002) encontraron un valor no significativo de 0,6 kg de Angus en relación

con Hereford, en tanto Lema (2007) reportó un valor significativo de -1,8 kg de Angus en relación a Hereford para esta característica.

Si bien el padre y la madre contribuyen a las diferencias en el potencial genético de la progenie para el crecimiento, resulta claro que la madre ejerce una influencia más allá de su contribución al genotipo del feto (Ferrel, 1991). Holland y Odde (1992) sugirieron que la habilidad maternal podría ser definida como la capacidad fisiológica de la madre de nutrir el desarrollo del feto, independientemente de la contribución al genotipo fetal. De lo anterior se concluye que el efecto maternal se constituye en un efecto ambiental sobre el feto, a través de la nutrición materna, pero depende del genotipo aditivo de la madre (Elzo et al., 1990).

Las diferencias entre los efectos genéticos aditivos maternales entre las razas se calculan a través de la comparación de los grupos recíprocos, cuya diferencia se atribuye únicamente a los diferentes efectos genéticos maternales. Sin embargo, Gregory et al. (1978) puntualizan que las diferencias entre las cruzas recíprocas de dos razas incluyen los efectos maternales, así como también cualquier otra diferencia en el mérito genético promedio para efectos transmisibles entre las muestras de padres y madres representadas en las cruzas recíprocas. Asumiendo que no hubiese efectos de muestreo de padres y madres, dicho contraste permitiría detectar las diferencias entre los efectos maternales de las razas comparadas.

En la literatura revisada, los efectos aditivos maternales muestran resultados variables: Long y Gregory (1974) encontraron una diferencia no significativa de 0,2 kg entre los efectos genético aditivo maternales entre Hereford y Angus, en el entorno a la reportada por Cundiff et al. (1986), de 0,3 kg, también no significativa. Koch et al. (1985), Cunningham y Magee (1988) y Franke et al. (2001) tampoco encontraron diferencias significativas entre las dos razas; resulta claro que la diferencia en efectos aditivos maternales fue muy parecida en experimentos realizados en años diferentes y seguramente en condiciones ambientales diferentes. Sin embargo, Dillard et al. (1980) y Cunningham y Magee (1988) encontraron diferencias de 1,1 y 8,8 kg de superioridad de Angus, en tanto Lema (2007) encontró una diferencia significativa de 3,6 kg a favor de Angus.

En peso al nacimiento, la inexistencia o valores bajos de heterosis pueden considerarse favorables dada la relación del mismo con la distocia. En un trabajo

con las razas Hereford, Brahman y la cruce Brahman-Hereford, Roberson et al. (1986) resaltan la importancia de la heterosis individual en la relación con los otros parámetros de cruzamientos. Estos autores señalaron que, si bien la heterosis individual hallada fue significativa, fue el menor de los efectos estimados (aditivos directos, aditivos maternos y heterosis materno) y afirmaron que podría cobrar importancia cuando la combinación de los efectos aditivos directos y maternos aumentan la probabilidad de tener mayor peso al nacimiento. En esa situación, cualquier influencia que incremente el peso al nacimiento podría ser suficiente para elevarlo por encima del umbral que separa el parto normal de la distocia, con sus complicaciones asociadas.

Dillard et al. (1980) encontraron un valor no significativo de 0,5 kg de heterosis individual al cruzar Angus y Hereford, en tanto que Koch et al. (1985) reportaron un valor significativo de 0,8 kg. Valores superiores obtuvieron Alenda et al. (1980), Franke et al. (2001) y Cunningham y Magee (1988), con 1,2, 2,5 y 2,8 kg respectivamente. En Uruguay, Rogberg (2005) reportó un valor de 0,65 kg y Lema (2007) un valor no significativo de 0,25 kg, en tanto Gimeno et al. (2002) registraron un valor significativamente negativo para este parámetro de -2,3 kg. En este parámetro se destacan los bajos valores y aún negativos encontrados en nuestras condiciones y con los biotipos en uso, en virtud de lo mencionado anteriormente, de la posibilidad de partos distócicos al aumentar los pesos al nacimiento.

La heterosis materno se refiere a la heterosis en una población atribuible a la utilización de madres cruce; este parámetro incide fundamentalmente en el ambiente prenatal y en la producción lechera. Según Hohenboken et al. (1987), un mejor comportamiento materno de las madres cruce por efecto de la heterosis materno podría reflejarse en mayores porcentajes de sobrevivencia o más rápido crecimiento de la progenie. Como se ve en el Cuadro 1, en la mayoría de los trabajos internacionales revisados, la heterosis materno para el carácter peso al nacimiento estimada entre Hereford y Angus no fue significativa. Koch et al. (1985) registraron el valor más alto de este parámetro con 1,0 kg, seguido por Franke et al. (2001) con 0,9 kg y los 0,1 kg reportados por Alenda et al. (1980). Cunningham y Magee (1988) encontraron valores negativos para este parámetro, de -1,6 y -3,2 kg. En nuestro país, Lema (2007) estimó un valor significativo de 1,8 kg. La información

revisada indica que la heterosis maternal para el peso al nacimiento entre las razas Hereford y Aberdeen Angus no parece ser significativa, a excepción de la estimación realizada por Lema (2007).

2.2.1.4 Peso al destete

El peso al destete es una característica de gran importancia, determinando en buena medida la eficiencia biológica y económica de un rodeo de cría. Marshall et al. (1976) determinaron que el peso al destete solo o en combinación con la edad al destete, explicaban entre el 62 y 68% de la variación en la eficiencia biológica en los sistemas criadores. Lamb et al. (1992) reportaron que el peso al destete y la tasa de preñez explicaban el 82% de la variación en la eficiencia económica en sistemas criadores.

El peso al destete es una característica en la que básicamente intervienen cuatro componentes: 1) efecto genético aditivo directo que es aportado para crecimiento, el cual es dado por la mitad del valor genético aditivo del padre y la mitad del valor genético aditivo de la madre, 2) efecto genético materno, el cual es expresado como un valor fenotípico de la madre (capacidad lechera), medido como una parte del componente del valor fenotípico de su hijo para el peso al destete, 3) efecto ambiental materno (ambiente permanente) y 4) efecto ambiental directo, el cual incluye factores tales como época de parto, año de parto, edad de la madre, edad al destete, entre otros (Quintero et al., 2007).

Los valores de heredabilidad medios a bajos del peso al destete, junto a las bajas tasas reproductivas de los rodeos, períodos prolongados entre generaciones y el relativamente bajo diferencial de selección, determinan un proceso lento en el mejoramiento de mayores pesos al destete. Según MacNeil et al. (1982), la opción más viable sería aprovechar las diferencias raciales (individuales y maternas) y la heterosis para aumentar el peso al destete.

A nivel internacional, la mayoría de los trabajos muestran superioridad de la raza Hereford en los efectos aditivos directos, tal como se ve en el Cuadro 2. En los trabajos de Alenda et al. (1980), Koch et al. (1985), Cunningham y Magee (1988) y Franke et al. (2001), esta superioridad se manifiesta en un rango de 4,4 a 9,2 kg. Sin embargo, Dillard et al. (1980) no encontraron diferencias en estos efectos. A nivel nacional, Gimeno et al. (2002) obtuvieron una superioridad no

significativa de 1,2 kg de Angus en relación a Hereford y Lema (2007) reportó una superioridad no significativa de 4,0 kg de Hereford en relación a Angus.

Tabla 4

Diferencias de efectos aditivos y no aditivos en peso al destete para la raza Aberdeen Angus expresados con relación a Hereford (kg)

Razas	Parámetros				Autores
	gi	gm	hi	hm	
Angus-Hereford	-1,6	9,8**	6,9**	3,2**	Dillard et al. (1980)
Angus-Hereford	-4,4***	4,5**	9,6**	4,2	Alenda et al. (1980)
Angus-Hereford	-5,4**	11,0**	6,9**	12,8**	Koch et al. (1985)
Angus-Hereford	-8,5	46,3***	26,3**	-21,9*	Cunningham y Magee (1988)
Hereford-Angus(1)	9,2**	-	13,4***	16,0***	Franke et al. (2001)
Angus-hereford		0,3			MacNeil et al. (1982)
Angus-Hereford	1,2		1,6		Gimeno et al. (2002)
Angus-Hereford	-4	18,5***	5,3**	11,9*** *	Lema (2007)
Angus-Hereford			5,5**		Rogberg (2005)
Angus-	-8,4**	10,2**	6,7**	9,7**	Melucci y Mezzadra (2011)

gi y gm = efectos aditivos directos y maternos de Angus en relación a Hereford; hi y hm = heterosis individual y maternal entre Angus y Hereford.

*= P<0.10 **= P<0.05 ***=, P<0.01 ****= P< 0.001

(1) = base de comparación Angus

Nota. Resultados experimentales de estimación de efectos aditivos y no aditivos para raza Aberdeen Angus en relación a Hereford.

En los efectos aditivos maternos la raza Angus supera a Hereford. Dillard et al. (1980) y Koch et al. (1985) reportaron 9,8 y 11,0 kg de diferencia respectivamente de Angus en relación a Hereford. Alenda et al. (1980) obtuvieron

una diferencia menor de 4,5 kg, en tanto que Franke et al. (2001) y Cunningham y Magee (1988) estimaron diferencias mayores de 17,6 y 46,3 kg respectivamente, en el orden de las encontradas por Lema (2007) a nivel nacional, en donde los efectos aditivos maternos de Angus incrementan el peso al destete en 18,5 kg en relación a Hereford.

Sin embargo, MacNeil et al. (1982) obtuvieron valores no significativos de 0,3 y -6,4 kg para Angus y Hereford respectivamente, para este parámetro.

En heterosis individual los valores reportados por la literatura extranjera revisada varían en un amplio rango, desde 6,9 kg (Dillard et al., 1980; Koch et al., 1985) hasta 26,3 kg (Cunningham & Magee, 1988). A nivel nacional Gimeno et al. (2002) obtuvieron un valor no significativo de 1,6 kg; Lema (2007) encontró un valor significativo de 5,3 kg, en el orden de lo obtenido por Rogberg (2005) de 5,5 kg.

La presencia de heterosis individual en madres cruza para producción lechera, genera heterosis maternal para el crecimiento predestete de los terneros, demostrando que la heterosis medida en la progenie de las hembras cruza, es en realidad la heterosis individual de las mismas. En este parámetro, Dillard et al. (1980) y Alenda et al. (1980) reportaron valores de 3,2 y 4,2 kg, siendo este último valor no significativo. Valores mayores de 12,8 y 16,0 kg encontraron Koch et al. (1985) y Franke et al. (2001). Cunningham y Magee (1988) obtuvieron un valor negativo de 21,9 kg. A nivel nacional Lema (2007) reportó un valor muy significativo de 11,9 kg.

Tabla 5*Proporción de genes y de heterosis según tipo de cruzamiento*

Raza o craza		Tipo de cruzamientos	h^i	h^m	h^p	g^i_A	g^i_H	g^m_A	g^m_H	g^p_A	g^p_H
Paterna	Materna		$_{AH}$								
Hereford	AH	Retro craza	1/2	1	0	1/4	3/4	1/2	1/2	0	1
Angus	HA	Retro craza	1/2	1	0	3/4	1/4	1/2	1/2	1	0
AH	AH	Raza sintética	1/4	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron datos provenientes de un experimento de cruzamientos llevado a cabo en la Estación Experimental Bernardo Rosengurtt (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. El experimento se realizó bajo un diseño dialélico entre las razas Angus y Hereford (Pereyra et al., 2015).

La base de datos contiene 7359 registros tomados durante el periodo 1994-2022. Las variables de respuesta analizadas fueron: el Peso Vivo y la Condición Corporal de las vacas al momento del parto (CCP, el Intervalo Interpartos(IIP) y los Pesos al Nacer y al Destete de los terneros.

A las variables Peso vivo y Condición al parto e Intervalo Interpartos medidas en las vacas se les estimaron los efectos genéticos individuales de cada raza (g^i) mediante la estimación de la diferencia entre Angus y Hereford, así como la heterosis individual (h^i) en cada caso.

Para la estimación de los componentes genéticos del cruzamiento entre A/A y H/H se se utilizaron los siguientes Modelos Aditivos según la variable analizada:

1) Modelo aditivo con heterosis individual para la Condición Corporal y el Peso Vivo al parto, y para el Intervalo entre partos:

$$y_{ijkl} = \mu_0 + k g^i_{AH} + k h^i_{AH} + F_j + Vaca(razavaca)_k + e_{ijk}$$

Donde:

μ_0 : media general del experimento

$Y_{ijk..}$ = la l ésima observación del carácter y en la k ésima vaca dentro de su raza (vaca(razavaca)) con los j ésimos efectos fijos.

g^i = efecto aditivo individual de Aberdeen Angus expresado como desvío de Hereford.

h^i = heterosis individual entre Aberdeen Angus y Hereford

k^i = diferencia entre la proporción de la raza Aberdeen Angus en la vaca y la proporción de Hereford ($k^* = k_A - k_H$).

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

F_j = efectos fijos; para CCP, PV e IIP: año de parto, mes de parto (anidado en el año), categoría de la vaca (vaquillonas de 1er servicio, vacas de 2º y vacas de 3er entore y más) y oferta de forraje (alta (4,9 kg MS/ kg PV en promedio) y baja (2,9 kg MS/ kg PV en promedio)).

k = efecto aleatorio de la k -ésima vaca ($k=1$ a 2192) $\approx N(0, \sigma_{vaca})$

e_{ijkl} = error aleatorio $e_{ijkl} \approx N(0, \sigma_{vaca})$

Por su parte, para las variables Peso al Nacer y al Destete de los terneros se utilizó el mismo modelo aditivo dominante incluyendo además los efectos maternos.

2) Modelo aditivo con heterosis individual y maternal para los Pesos al Nacer y Destete:

$$y_{ijkl} = \mu_0 + k g_{AH}^i + k h_{AH}^i + F_j + \text{Toro}(\text{razatoro})_k + e_{ijkl}$$

Donde:

y_{ijkl} = la l -ésima observación del carácter y en ternero hijo del k -ésimo padre dentro de su raza (Toro(razatoro)) con los j -ésimos efectos fijos.

g^M = efecto aditivo maternal de Aberdeen Angus expresado como desvío de Hereford.

h^M = heterosis maternal entre Aberdeen Angus y Hereford

k^M = diferencia entre la proporción de la raza Aberdeen Angus en la vaca (madre) y la proporción de Hereford ($k^* = k_A - k_H$).

k_{AH} = proporción retenida de la heterosis maternal entre Aberdeen Angus y Hereford calculada como

$k_{AH} = k_A^P k_H^M + k_H^P k_A^M$ donde k_t indica la proporción de genes de cada raza A, H en los padres (P = padres o M = madres).

F_j = efectos fijos;

k = efecto aleatorio de k -ésimo padre ($k=1$ a 72) $\approx N(0, \sigma_p)$

e_{ijkl} = error aleatorio $e_{ijkl} \approx N(0, \sigma_{\text{toro}})$

Para PN y PD: sexo del ternero, año de nacimiento, mes de nacimiento (anidado en el año para peso al nacer), categoría de la vaca (vaquillonas de 1er servicio, vacas de 2º y vacas de 3er entore y más) y edad del ternero al momento del destete como covariable.

No se consideraron efectos de interacción entre los efectos fijos incluidos en los modelos de análisis correspondientes.

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, 1989), en este caso se utilizó Hereford.

Fueron estimados los parámetros g^I , g^M , h^I_{AH} , h^M_{AH} para las características de las vacas: Condición Corporal y Peso Vivo al momento del Parto, e Intervalo Inter Partos, y en los terneros para los Pesos al Nacer y Destete.

Las estimaciones se obtuvieron mediante un modelo lineal usando el procedimiento MIXED del programa SAS.

En todos los análisis, probabilidades $Pr < F$ menores al 0,05 fueron consideradas significativas, en tanto valores entre 0,05 y 0,10 se consideraron tendencias hacia la significancia.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LOS DISTINTOS PARÁMETROS SEGÚN DISTINTOS GRUPOS GENÉTICOS

Los efectos de año, mes, categoría de la madre y raza del toro fueron estadísticamente significativos para peso de la vaca al parto, intervalo inter partos y peso al nacer, como se puede observar en las *Tablas 6, 7 y 8* respectivamente.

Tabla 6

Análisis de varianza del peso de la vaca al parto

Efecto	Niveles	Grados de libertad	F-Valor	Pr > F
Año Parto	16	2319	20.74	<.0001
Mes (año parto)	47	2319	6.14	<.0001
Categoría	2	2319	225.03	<.0001
Raza toro (raza vaca)	15	2319	7.07	<.0001

Tabla 7

Análisis de varianza del intervalo interpartos en la vaca de cría

Efecto	Niveles	Grado de Libertad	F-Valor	Pr > F
Año Parto	27	2740	8,99	<,0001
Mes (año parto)	85	2740	8,6	<,0001
Categoría	2	2740	179,51	<,0001
Raza toro (raza vaca)	23	2740	3,41	<,0001

Tabla 8*Análisis de varianza para peso al nacer según raza del ternero*

Efecto	Niveles	Grados de libertad	F-Valor	Pr > F
Año Parto	11	1601,0	4.43	<.0001
Sexo	1	1601,0	70.97	<.0001
Mes (año parto)	54	1601,0	2.68	<.0001
Categoría	2	1601,0	25.81	<.0001

En el análisis de varianza correspondiente a la **Tabla 9** se puede observar que existieron efectos estadísticamente significativos en todos los factores analizados: año de parto, mes, categoría, y raza de toro según categoría para condición corporal al parto.

Tabla 9*Análisis de varianza de la condición corporal al parto de la vaca de cría*

Efecto	Niveles	Grados de libertad	F-Valor	Pr > F
Año Parto	28	4362	21.74	<.0001
Mes (año parto)	97	4362	5.12	<.0001
Categoría	2	4362	6.38	0.0017
Raza toro (raza vaca)	24	4362	2.92	<.0001

En el caso del peso al destete observamos nuevamente que existen efectos significativos para todos los efectos considerados en el modelo, tal cual se observa en la **Tabla 10**.

Tabla 10*Análisis de varianza del peso al destete*

Efecto	Niveles	Grados de libertad	F-Valor	Pr > F
Año Parto	9	1160	31.62	<.0001
Sexo	1	1160	33.34	<.0001
Mes (año parto)	26	1160	2.09	0.0012
Categoría	2	1160	43.77	<.0001
Edad	1	1160	90.90	<.0001

4.2 ESTIMACIÓN DE MEDIAS DE MÍNIMOS CUADRADOS PARA LOS DISTINTOS GENOTIPOS

Se observaron diferencias significativas para peso de la vaca según genotipo, donde tanto las vacas AA/AA y HH/HH tuvieron un peso al parto significativamente menor frente a los genotipos restantes, tal como se presenta en la **Tabla 11**. Para HH/HH y AA/AA el peso de la vaca fue de 32,15 kg menos respecto a los genotipos cruza.

Tabla 11

Estimación de medias de mínimos cuadrados (\pm error estándar) para peso de vaca según genotipo

Grupos Genéticos	Medias \pm Errores estándar			
AA/AH	389,0	\pm	39,6	a
HH/AA	384,2	\pm	19,0	a
AA/HH	382,5	\pm	17,8	a
HH/HA	377,3	\pm	37,8	a
HH/HH	351,4	\pm	11,1	b
AA/AA	350,4	\pm	11,6	b

A la izquierda de la barra se representa el genotipo paterno y a la derecha el materno.

A= Aberdeen angus

H= Hereford

Valores seguidos de letras diferente significan diferencias significativas ($P < 0,05$).

Para la condición corporal al parto, existieron diferencias significativas entre genotipos, siendo superiores AA/HH y HH/AA en comparación con los demás grupos genéticos. Las mismas en promedio superaron en 0,15 puntos de condición corporal. Sin embargo, a pesar de la significancia estadística, esta diferencia desde el punto de vista del manejo en los rodeos comerciales no es perceptible por el método de apreciación visual, dado que las menores diferencias detectadas con las escalas comúnmente usadas son de 0,25 puntos de CCP (**Tabla 12**).

Tabla 12

Estimación de medias de mínimos cuadrados (\pm error estándar) para condición corporal al parto en diferentes genotipos

Grupo genético	Media			
AA/HH	3,8	\pm	0,017	a
HH/AA	3,8	\pm	0,019	a
HH/HH	3,7	\pm	0,011	b
AA/AH	3,7	\pm	0,028	b
HH/HH	3,7	\pm	0,033	b
AA/AA	3,6	\pm	0,012	b

A la izquierda de la barra se representa el genotipo paterno y a la derecha el materno.

A= Aberdeen angus

H= Hereford

Valores seguidos de letras diferentes significan diferencias significativas

Tabla 13

Medias de mínimos cuadrados (\pm error estándar) para el Intervalo Interparto en vacas de las razas Angus y Hereford, sus cruzas F1 y retrocruzas

Grupo genético	Media			
AA/AA	333	\pm	20,93	a
HH/HA	332	\pm	23,76	a
HH/HH	332	\pm	21,16	a
AA/AH	328	\pm	23,02	a
AA/HH	310	\pm	20,72	b
HH/AA	305	\pm	20,87	b

A la izquierda de la barra se representa el genotipo paterno y a la derecha el materno.

A= Aberdeen angus

H= Hereford

Valores seguidos de letras diferentes significan diferencias significativas ($P < 0,05$).

En la característica peso al nacer se encontraron diferencias significativas, donde los animales hijos de HH y madres HA fueron los que obtuvieron mayor peso al nacer ($34,3 \pm 0,16$ kg). Estos fueron seguidos por los terneros retrocruza AA/AH y HH/HA, consecutivamente se observan diferencias significativas en animales HH/HH. Por último, se observa que los animales AA/HH y AA/AA presentaron un peso al nacer promedio menor respecto a los demás ($31,8 \pm 0,14$ kg) (Tabla 14).

Tabla 14

Estimación de medias de mínimos cuadrados (\pm error estándar) para peso al nacer según grupo genético

Grupo Genético	Media			
HH/HA	34,3	\pm	0,16	a
AA/AH	33,5	\pm	0,17	bc
HH/AA	32,8	\pm	0,14	dc
HH/HH	32,5	\pm	0,13	d
AA/HH	31,9	\pm	0,14	e
AA/AA	31,7	\pm	0,13	e

A la izquierda de la barra se representa el genotipo paterno y a la derecha el materno.

A= Aberdeen angus

H= Hereford

Valores seguidos de letras diferentes significan diferencias significativas ($P < 0,05$).

Para la variable peso al destete los animales que obtuvieron mayor peso fueron aquellos compuestos por padre HA o AA en madres AH los cuales tuvieron un peso promedio de $158,98 \pm 22,24$ kg. Estos grupos genéticos fueron seguidos por el grupo HH/HA los cuales alcanzaron un peso de $149,02 \pm 18,39$ kg. Para los grupos HH/HH, HH/AA, AA/AA y AA/HH no se encontraron diferencias significativas entre sí (Tabla 15)

Tabla 15

Estimación de medias de mínimos cuadrados (\pm error estándar) para peso al destete según raza del ternero

Grupos Genéticos	Media			
HA/AH	158,9	\pm	25,4	a
AA/AH	155,1	\pm	19,1	ab
HH/HA	149,0	\pm	18,4	bc
HH/HH	144,0	\pm	13,7	dc
HH/AA	143,7	\pm	14,7	dc
AA/AA	143,5	\pm	14,1	dc
AA/HH	140,4	\pm	14,3	d

A la izquierda de la barra se representa el genotipo paterno y a la derecha el materno.

A= Aberdeen angus

H= Hereford

Valores seguidos de letras diferentes significan diferencias significativas ($P < 0,05$).

4.3 ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GENÉTICOS DE CRUZAMIENTO

En Peso al nacimiento no se diferenciaron significativamente los efectos aditivos directos, ni maternos. Por el contrario, para la heterosis materna si se observaron diferencias significativas. Para el caso de la heterosis individual se observó una tendencia ($P=0.09$) a ser 0,049 kg más pesados (**Tabla 17**). Melucci y Mezzadra (2011) encontraron una diferencia de 3,5 kg de AA/AA en relación con HH/HH. 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 AA/AA. En sentido contrario la gran mayoría de los estudios internacionales (Alenda et al., 1980; Cunningham & Magee, 1988; Dillard et al., 1980; Franke et al., 2001; Koch et al., 1985), encontraron menor efecto racial de AA/AA en relación a HH/HH, los cuales variaron entre -1,3 y -9,5 kg. 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 AA/AA en relación a HH/HH. Pereyra et al. (2015), también estimaron estos efectos, obteniendo como resultados significativos únicamente explicados por causa de los efectos aditivos directos, con un valor de -1,18 kg de peso al nacer. Esto sugiere 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.

Tabla 16

Estimación de parámetros de cruzamientos aditivos y no aditivos (\pm error estándar), PN, PD, CCP y IIP

Variabl e	Peso al nacer	Peso al destete (kg)	CCP	IIP	PVP
Hereford	32,64 \pm 0,29**	140.7 \pm 2.87**	3,68 \pm 0,01 **	297,5 \pm 4,8**	352 \pm 0,08**
g^i_A	0,16 \pm 0,82ns	-3,57 \pm 7,95ns	0,03 \pm 0,01 **	2,06 \pm 4,8ns	-0,26 \pm 0,8ns
g^m_A	0,029 \pm 0,42ns	9,95 \pm 4.12**			
h^i_{HA}	0,049 \pm 0,09*	2,14 \pm 1,07**	0,15 \pm 0,01 **	-5,23 \pm 8,8ns	33,4 \pm 1,5**
h^m_{HA}	0,27 \pm 0,11**	9,35 \pm 1,35**			

g^{*i}_A y g^{*m}_A = efectos aditivos directos y maternos de Angus en relación a Hereford; h^i_{HA} y h^m_{HA} = heterosis individual y maternal entre Angus y Hereford

** Valor estadísticamente significativo (Pr F<0.05);

* Tendencia a la significancia estadística;

ns: no significativo estadísticamente.

Nota: estimación de parámetros para raza Aberdeen Angus expresados como desvíos de Hereford

Las estimaciones de los efectos aditivos maternos para peso al nacer alcanzaron un valor de 0,029 kg ($P>0,05$) donde coincide con varios estudios (Cunningham & Magee, 1988; Franke et al., 2001; Koch et al., 1985; Melucci & Mezzadra, 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 de peso al nacer a favor de Angus. Lema (2007) reportó un valor significativo de 3,6 kg de AA/AA en relación a HH/HH 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 generados por Formaciones Cretáceas, caracterizados por una producción de forraje con marcada estacionalidad primavera-verano, con picos de calidad de corta duración durante la primavera y un gran volumen de producción en verano. El invierno se caracteriza por su muy baja disponibilidad y calidad del forraje (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 HH/HH presente menores valores para este parámetro en relación con AA/AA. 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 Yaguarí) permitirían acortar estas diferencias, pudiendo la raza HH/HH 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 para el peso al nacer de los terneros, $0,049 \pm 0,09$ kg ($P \geq 0,05$) sería favorable en la medida que las cruces entre las razas no generaron aumentos en el peso al nacer, con las consecuencias negativas que esto podría traer al momento del parto. En Uruguay Rogberg (2005) reportó un valor de 0,65 kg y Lema (2007) un valor menor, de 0,25 kg, ambos no significativos. Este resultado difiere con los trabajos extranjeros (Alenda et al., 1980; Cunningham & Magee 1988; Franke et al., 2001; Koch et al., 1985; Melucci & Mezzadra, 2011) que hallaron heterosis individual significativa entre ambas razas, en un intervalo de 0,8 a 4,9 kg, en tanto Gimeno et al. (2002) encontraron valores significativamente negativos para este parámetro, de -2,3 kg.

En el caso de la heterosis maternal estimada en la mayoría de los trabajos realizados en el exterior (Alenda et al., 1980; Cunningham & Magee, 1988; Dillard et al., 1980; Franke et al., 2001; Melucci & Mezzadra, 2011) no se observaron efectos significativos para este parámetro.

En el caso de este trabajo sí se encontraron diferencias significativas para heterosis maternal, donde existió un aumento de $0,27 \pm 0,11$ kg ($P < 0,05$) de peso al nacer en madres HA. 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 caso de peso al destete el valor fue de $-3,57 \pm 7,95$ ($P \geq 0,05$) donde no se observaron diferencias significativas para los efectos aditivos individuales directos entre ambas razas, lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Dillard et al. (1980), 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 y Mezzadra (2011) reportan una superioridad de HH/HH respecto de AA/AA en un intervalo de 4,4 a 9,2 kg. Como se estableció anteriormente, la expresión del potencial de la raza HH/HH en su efecto individual sería posible en ambientes que no fuesen restrictivos como el caso donde fue realizado el estudio. El ambiente para la expresión de esta característica lo constituye la producción de leche materna, la cual en nuestras condiciones es menor en vacas HH/HH (Casal et al., 2009).

Los efectos aditivos maternos de AA/AA aumentaron en casi $9,95 \pm 4,12$ kg el peso al destete con relación a HH/HH ($P < 0,05$), 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 y Mezzadra (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.

La heterosis individual estimada para peso al destete fue $2,14 \pm 1,07$ kg, ($P < 0,05$), 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 (Cunningham & Magee, 1988; Dillard et al., 1980; Koch et al., 1985; Melucci & Mezzadra, 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 aumento significativamente el peso al destete en $9,35 \pm 1,35$ kg ($P < 0,05$), 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 y Mezzadra (2011) encontraron valores similares 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 resultados muestran, como en el peso al nacimiento, la importancia que podría tener en nuestros sistemas criadores, la utilización de madres AA y madre HA. Los beneficios derivados de los efectos aditivos maternos, heterosis individual y maternal, siendo estas variables estadísticamente significativas, señalan que se puede obtener un aumento de 21,44 kg de peso al destete en nuestros rodeos comerciales la utilización de cruzamientos entre las dos razas más utilizadas en la producción de carne en el país.

En condición corporal al parto, se detectaron efectos aditivos directos significativos debido a la genética individual de Angus donde cada animal tendrá -0,03 puntos de CCP con respecto al Hereford. Esto puede significar disminuir, también, para heterosis individual donde cada vaca heterocigota que explore el 100% de la heterosis individual tendrá 0,15 puntos de CCP respecto al promedio de las vacas Hereford.

En intervalos interpartos tanto la heterosis como los efectos aditivos directos no fueron significativos, lo que implica que independientemente de la proporción de AA o HH que tenga el animal, el intervalo interparto será el mismo. De esta forma el vientre tendrá 85 días posteriores al parto, para ciclar y quedar preñada y de esta manera alcanzar un intervalo interparto no mayor a 365 días, lo que implica, un poder establecer una fecha de parto propicia tanto para desarrollo del ternero como para que la vaca retome su ciclicidad lo antes posible y de esta forma quede preñada nuevamente.

En el caso del Peso vivo de la vaca al parto, para los efectos aditivos directos no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre Angus y Hereford. En cambio para la heterosis individual generada por la cruce entre ambas, se observó un aumento estadísticamente significativo de 33 kg con respecto a las razas puras. Sin embargo, esto no implicó un mayor intervalo interparto ni un menor puntaje de CCP.

5. CONCLUSIONES

Para el caso del peso al nacimiento, encontramos diferencias significativas únicamente para el caso de la heterosis materna en madres cruce H/A, siendo esto importante por conocer cómo puede afectar la facilidad de parto del rodeo.

El aporte al peso al destete de los terneros, comparando madres AA y HH, se pudo desglosar de la siguiente manera: existen efectos aditivos maternos significativos, como también lo son la heterosis individual y materna.

Para condición corporal, tanto los efectos aditivos individuales y heterosis individual a pesar de encontrarse diferencias significativas a favor de estos, los mismos no toman relevancia ya que la condición corporal se discrimina con valores no menores 0,25 puntos.

En intervalos interpartos tampoco se vieron diferencias significativas, valores de efectos aditivos individuales y de heterosis individual demuestran que no hay relevancia en el genotipo utilizado para esta característica.

El mayor aumento de peso vivo de la vaca al parto por causa de la heterosis individual entre animales AA y HE, no implicó un mayor IIP, ni una disminución en la CCP, por lo tanto los requerimientos de mantenimiento, no se ven afectados.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Alencar, M. M., De Cruz, G. M., Brazao, C. S., Correa, L. de A., Tambasco, A. J., & Freitas, M. A. (1991). *Comportamento de bezerros da raça Canchim e cruzados Canchim x Nelore durante a amamentação*. Embrapa.
- Alenda, R., Martin, T. G., Lasley, J. F., & Ellersieck, M. R. (1980). Estimation of genetic and maternal effects in crossbred cattle of Angus, Charolais and Hereford parentage: I. Birth and weaning weights. *Journal of Animal Science*, 50(2), 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* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibrí.
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/19917/1/FV-28810.pdf>
- Arango, J. A., Cundiff, L. V., & Van Vleck, L. D. (2002a). Breed comparisons of Angus, Brahman, Hereford, Pinzgauer, Sahiwal, and Tarentaise for weight, weight adjusted for condition score, height, and body condition score. *Journal of Animal Science*, 80(12), 3142-3149.
- Arango, J. A., Cundiff, L. V., & Van Vleck, L. D. (2002b). Genetic parameters for weight, weight adjusted for body condition score, height, and body condition score in beef cows. *Journal of Animal Science*, 80(12), 3112-3122.
- Avedaño, S., & García, P. I. (1996). *Cruzamiento entre padres Hereford, Angus, Nelore y Salers con vientres Hereford, largo de gestación y peso al nacer* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Bartle, S. J., Males, J. R., & Preston, R. L. (1984). Effect of energy intake on the postpartum interval in beef cows and the adequacy of the cow's milk production for calf growth. *Journal of Animal Science*, 58(5), 1068-1074.
<https://doi.org/10.2527/jas1984.5851068x>

- Browning, R. J., Leite-Browning, M. L., Neuendorff, D. A., & Randel, R. D. (1995). Prewaning growth of Angus- (Bus taums), Brahman- (Bus indictrs) and Tuli- (Sanga) sired calves and reproductive performance of their Brahman Dams. *Journal of Animal Science*, 73(9), 2558-2563.
- Carámbula, M. (1978). Producción de pasturas. En Centro de Investigación Agrícolas “Alberto Boerger” (Ed.), *Pasturas IV* (pp. 7-10).
- Cardellino, R., & Rovira, J. (1987). *Mejoramiento genético animal*. Hemisferio Sur.
- Carriquiry, M., Weber, W. J., Fahrenkrug, S. C., & Crooker, B. A. (2009). Hepatic gene expression in multiparous Holstein cows treated with bovine somatotropin and fed n-3 fatty acids in early lactation. *Journal of Dairy Science*, 92(10), 4889-4900.
- Casal, A., Gutiérrez, V., Graña, A., Carriquiry, M., & Espasandin, A. C. (2009). Curvas de lactancia y composición de leche en vacas primíparas Hereford, Angus y sus respectivas cruzas. En Centro Médico Veterinario de Paysandú (Ed.), *XXXVII Jornadas Uruguayas de Buiatria* (pp. 179-180).
- Ciria, J. M. (2009). *Estudio de variables reproductivas en las razas Angus, Hereford y sus cruzas fl* [Trabajo final de grado, Universidad de la Republica]. Colibrí.
https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/20655/1/TTS_CiriaRuggieroJavierMarcelo.pdf
- Cundiff, L. V., Gregory, K. E., & Koch, R. M. (1998). Germplasm evaluation in beef cattle-cycle IV: Birth and weaning traits. *Journal of Animal Science*, 76(10), 2528-2535. <https://doi.org/10.2527/1998.76102528x>
- Cundiff, L. V., MacNeil, M. D., Gregory, K. E., & Koch, R. M. (1986). Between- and within-breed genetic analysis of calving traits and survival to weaning in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 63(1), 27-33.
<https://doi.org/10.2527/jas1986.63127x>

- Cunningham, B. E., & Magee, W. T. (1988). Breed-direct, breed-maternal and nonadditive genetic effects for preweaning trait in crossbred calves. *Canadian Journal of Animal Science*, 68(1), 83-92.
<https://doi.org/10.4141/cjas88-008>
- Dickerson, G. E. (1969). Experimental approaches in utilizing breed resources. *Animal Breeding Abstracts*, 37, 191-202.
- Dickerson, G. E. (1973). Inbreeding and heterosis in animals. *Journal of Animal Science*, 1973(Symposium), 54-77.
<https://doi.org/10.1093/ansci/1973.Symposium.54>
- Dillard, E. U., Rodríguez, O., & Robison, O. W. (1980). Estimation of additive and nonadditive direct and maternal genetic effects from crossbreeding beef cattle. *Journal of Animal Science*, 50(4), 653-663.
<https://doi.org/10.2527/jas1980.504653x>
- Dunn, T. G., & Kaltenbach, C. C. (1980). Nutrition and the postpartum interval of the ewe, sow and cow. *Journal of Animal Science*, 51(suppl. 2), 29-39.
- Elzo, M. A., Olson, T. A., Butts, Jr, W. T., Koger, M., & Adams, E. L. (1990). Direct and maternal genetic effects due to the introduction of *Bos taurus* alleles into Brahman cattle in Florida: II. Preweaning growth traits. *Journal of Animal Science*, 68(2), 324-329.
<https://doi.org/10.2527/1990.682324x>
- Espasandin, A. (2004). El uso de cruzamientos vs. la utilización de razas puras para la producción de carne bovina. *Cangué*, (25), 15-18.
- Espasandin, A., 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 el Uruguay. En Centro médico veterinario de Paysandú (Ed.), *XXXIV Jornadas Uruguayas de Buiatría* (pp. 41-51).

- Ferrel, C. L. (1991). Maternal and fetal influences on uterine and conceptus development in the cow: II. Blood flow and nutrient flux. *Journal of Animal Science*, 69(5), 1954-1965.
- Franke, D. E., Habet, O., Tawah, L. C., Williams, A. R., & DeRouen, S. M. (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*, 79(7), 1713-1722.
<https://doi.org/10.2527/2001.7971713x>
- Gimeno, D. (1991). Aspectos teóricos de la utilización de cruzamientos. En D. Gianola (Ed.), *Foro Mejoramiento Genético Animal en el Uruguay: En vísperas del Mercosur* (pp. 24-25). INIA.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8299/1/111219220807115721-p.24-25.pdf>
- Gimeno, D., Aguilar, I., Franco, J., & Feed, O. (2002). Rasgos productivos y reproductivos de hembras cruza. En Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Ed.), *Cruzamientos en bovinos de carne* (pp. 11-20).
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8299/1/111219220807115721-p.24-25.pdf>
- Gosey, J. (2005). Crossbreeding the forgotten tool. En *Proceedings, The Range Beef Cow Symposium XIX* (pp. 39-47). University of Nebraska- Lincoln.
<https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1031&context=rangebeefcowsymp>
- Gregory, K. E., Laster, D. B., Cundiff, L. V., Koch, R. M., & Smith, G. M. (1978). Heterosis and breed maternal and transmitted effects in beef cattle: II. Growth and puberty in females. *Journal of Animal Science*, 47(5), 1042-1053.
- Gregory, K. E., & Cundiff, L. V. (1980). Crossbreeding in beef cattle: Evaluation of systems. *Journal of Animal Science*, 51(5), 1224-1242.

- Herring, A. D., Sanders, J. O., Knutson, R. E., & Lunt, D. K. (1996). Evaluation of F1 calves sired by Brahman, Boran, and Tuli bulls for birth, growth, size, and carcass characteristics. *Journal of Animal Science*, 74(5), 955-964. <https://doi.org/10.2527/1996.745955x>
- Hohenboken, W. D., Seifert, G. W., & Aspden, W. J. (1987). Genetic and environmental influences on offspring sex ratio and neonatal survival in *Bos indicus* X *Bos taurus* cattle. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 104(4), 104-309.
- Holland, M. D., & Odde, K. G. (1992). Factors affecting calf birth weight: A review. *Theriogenology*, 38(5), 769-798. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(92\)90155-K](https://doi.org/10.1016/0093-691X(92)90155-K)
- Kinghorn, B. P., & Vercoe, P. E. (1989). The effects of using the wrong genetic model to predict the merit of crossbred genotypes. *Animal Science*, 49(2), 209-216. <https://doi.org/10.1017/S0003356100032335>
- Klawuhn, D., & Staufienbiel, R. (1998). Estimation of body composition based on total body water determination using phenazone for assessment of body fat gain in cattle: 2. Relationship between body fat content and back fat thickness. *DTW. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift*, 105(2), 54-57. <https://europepmc.org/article/med/9528208>
- Koch, R. M., Dickerson, G. E., Cundiff, L. V., & Gregory, K. E. (1985). Heterosis retained in advanced generations of crosses among Angus and Hereford cattle. *Journal of Animal Science*, 60(5), 1117-1132. <https://doi.org/10.2527/jas1985.6051117x>
- Lamb, M. A., Tess, M. W., & Robison, O. W. (1992). Evaluation of mating systems involving five breeds for integrated beef production systems: I. Cow-calf segment. *Journal of Animal Science*, 70(3), 689-699. <https://doi.org/10.2527/1992.703689x>

- Lema, M., Ciappesoni, G., Espasandin, A., & Gimeno, D. (2015). Cruzamientos en bovinos para carne para sistemas criadores. *Revista INIA*, (43), 25-28. <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/revista-INIA-43-Lema.pdf>
- Lema, O. M. (2007). *Efeitos aditivos e não aditivos entre cruzas Hereford, Aberdeen Angus, Salers e Nelore em características pré desmame* [Disertación doctoral]. Universidade Federal de Pelotas.
- Long, C. R., & Gregory, K. E. (1974). Heterosis and breed effects in preweaning traits of Angus, Hereford and reciprocal cross calves. *Journal of Animal Science*, 39(1), 11-17. <https://doi.org/10.2527/jas1974.39111x>
- MacNeil, M. D., Dinkel, C. A., & VanVleck, L. D. (1982). Individual and maternal additive and heterotic effects on 205-day weight in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 54(5), 951-956. <https://doi.org/10.2527/jas1982.545951x>
- Madalena, F. E. (1989). Cattle breed resource utilization for dairy production in Brazil. *Brazilian Journal of Genetics*, 12(3), 183-220.
- Marshall, D. A., Parker, W. R., & Dinkel, C. A. (1976). Factors affecting efficiency to weaning in Angus, Charolais and reciprocal cross cows. *Journal of Animal Science*, 43(6), 1176-1187. <https://doi.org/10.2527/jas1976.4361176x>
- Melucci, L., & García, C. (1993). Productividad de vientres Aberdeen Angus, Hereford y sus cruzas reciprocas. En Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Ed.), *24° Congreso Argentino de Genética* (p. 149).
- Melucci, L. M., & Mezzadra, C. A. (2011). Variabilidad genética en el banco activo de bovinos criollo EEA INTA Balcarce. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 1, 114-116.

- Mezzadra, C. (2005). *Los cruzamientos en bovinos para carne: Una herramienta interesante*. Sitio Argentino de Producción Animal.
https://www.produccion-animal.com.ar/genetica_seleccion_cruzamientos/bovinos_de_carne/83-cruzamientos_mezadra.pdf
- Notter, D. R. (1987). The crossbred sire: Theory. *Journal of Animal Science*, 65(1), 99-109.
- Paschal, J. C., Sanders, J. O., & Kerr, J. L. (1991). Calving and weaning characteristics of Angus-, gray Brahman-, Gir-, Indu-Brazil-, Nellore-, and red Brahman-sired F1 calves. *Journal of Animal Science*, 69(6), 2395-2402. <https://doi.org/10.2527/1991.6962395x>
- Pereyra, F., Urioste, J. I., Gimeno, D., Peñagaricano, F., Bentancur, D., & Espasandin, A. (2015). Parámetros genéticos en la etapa de cría para el cruzamiento entre Hereford y Angus en campo natural. *Agrociencia (Uruguay)*, 19(1), 140-149.
- Quintero, J. C., Triana, J. G., Quijano, J. H., & Arboleda, E. (2007). Influencia de la inclusión del efecto materno en la estimación de parámetros genéticos del peso al destete en un hato de ganado de carne. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20(2), 117-123.
https://www.researchgate.net/publication/262444676_Influence_of_maternal_effect_in_estimating_genetic_parameters_for_weaning_weight_in_a_beef_cattle_herd
- Randel, R. D. (1990). Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. *Journal of Animal Science*, 68(3), 853-862. <https://doi.org/10.2527/1990.683853x>
- Reynolds, W. L., DeRouen, T. M., Moin, S., & Koonce, K. L. (1980). Factors influencing gestation length, birth weight and calf survival of Angus, Zebu and Zebu cross beef cattle. *Journal of Animal Science*, 51(4), 860-867. <https://doi.org/10.2527/jas1980.514860x>

- Roberson, R. L., Sanders, J. O., & Cartwright, T. C. (1986). Direct and maternal genetic effects on preweaning characters of Brahman, Hereford and Brahman-Hereford crossbred cattle. *Journal of Animal Science*, 63(2), 438-446. <https://doi.org/10.2527/jas1986.632438x>
- Rogberg, M. (2005). *Heterosis y desempeño en características de crecimiento en las razas Angus, Hereford y su cruce F1* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Rovira, J. (1996). *Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo*. Hemisferio Sur.
- Schröder, U. J., & Staufenbiel, R. (2006). Invited review: Methods to determine body fat reserves in the dairy cow with special regard to ultrasonographic measurement of backfat thickness. *Journal of Dairy Science*, 89(1), 1-14. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72064-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72064-1)
- Short, R. E., Bellows, R. A., Staigmiller, R. B., Berardinelli, J. G., & Custer, E. E. (1990). Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *Journal of Animal Science*, 68(3), 799-816. <https://doi.org/10.2527/1990.683799x>
- Soca, P., González, H., & Manterola, H. (2001). Estrategia de pastoreo de vacas lecheras. *Avances en Producción Animal*, 26(1-2), 15-29.
- Soca, P., Olmos, F., Espasandin, A. C., 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 G. Quintans, J. I. Velazco, & G. Roig (Eds.), *Seminario de actualización técnica: Cría vacuna* (pp. 110-119). INIA.
- Soca, P., & Orcasberro, R. (1992). Propuesta de manejo del rodeo de cría en base a estado corporal, altura de pasto y aplicación de destete temporario. En Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Ed.), *Jornada de producción animal: Evaluación física y económica de alternativas tecnológicas para la cría en predios ganaderos* (pp. 54-56).

- Vizcarra, J. A., Ibañez, W., & Orcasberro, R. (1986). Repetibilidad y reproducibilidad de dos escalas para estimar la condición corporal de vacas Hereford. *Investigaciones Agronómicas*, 7(1), 45-47.
- Wright, I. A., Rhind, S. M., Whyte, T. K., & Smith, A. J. (1992). Effects of body condition at calving and feeding level after calving on LH profiles and the duration of the post-partum anoestrous period in beef cows. *Animal Production*, 55(1), 41-46. <https://doi.org/10.1017/S0003356100037259>