

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**PARÁMETROS GENÉTICOS DE CRUZAMIENTOS ASOCIADOS A
LA FASE DE CRÍA EN LAS RAZAS HEREFORD, ABERDEEN
ANGUS Y SUS CRUZAS**

por

Fernando A. PEREYRA

**TESIS presentada como
uno de los requisitos para
obtener el título de
Magister en Ciencias
Agrarias opción Ciencias
Animales**

**MONTEVIDEO
URUGUAY**

2012

Tesis aprobada por el tribunal integrado por Ing. Agr. MSc. Mario Lema, Ing. Agr. PhD. Lilia Melucci y DMV. PhD. Raquel Pérez el 13 de Diciembre del 2012. Autor Ing. Agr. Fernando Atahualpa Pereyra Gómez. Directora Ing. Agr. PhD. Ana Carolina Espasandin.

AGRADECIMIENTOS

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.

Al Ing. Agr. (Ph. D) Jorge Urioste co-tutor de este trabajo.

A los Ing. Agr. (Ph.D) Gonzalo González e Ing. Agr. Diego Gimeno por la confianza depositada para la ejecución del Proyecto de Cruzamientos.

A los compañeros del Grupo Disciplinario de Mejoramiento Genético Animal: Ana, Gabriel y en particular a Pancho y Rodrigo por el acompañamiento en este proceso.

Al Ing. Agr. Yerú Pardiñas por el apoyo brindado y el compromiso asumido con la ejecución del Proyecto de Cruzamientos desde la Dirección de la EEER.

A los compañeros de la sección Ganadería de la Estación Experimental de Bañado de Medina, Carlos Acosta, Oscar Cáceres, Baltasar Martínez y en particular al Tec. Agr. Dorrel Bentancur, sin cuya colaboración no hubiera sido posible la realización de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
RESUMEN.....	V
SUMMARY:.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1 MARCO CONCEPTUAL.....	2
1.1.1 <u>Modelos para estimar parámetros de</u> <u>cruzamientos</u>	6
1.1.2 <u>Diseños experimentales para la estimación</u> <u>de parámetros de cruzamientos</u>	10
1.1.3 <u>Características importantes en la</u> <u>mejora genética de la fase de cría</u>	13
1.1.3.1 Condición corporal al parto.....	13
1.1.3.2 Peso al nacimiento.....	17
1.1.3.3 Porcentaje de destete.....	22
1.1.3.4 Peso al destete.....	24
1.2 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	27
2. <u>ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GENÉTICOS EN LA ETAPA DE CRÍA</u> <u>PARA EL CRUZAMIENTO ENTRE LAS RAZAS HEREFORD Y ABERDEEN</u> <u>ANGUS</u>	
2.1 RESUMEN.....	29
2.2 SUMMARY.....	30
2.3 INTRODUCCIÓN.....	31
2.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
2.6 CONCLUSIONES	52
2.7 BIBLIOGRAFÍA.....	52
3. <u>DISCUSIÓN GENERAL Y CONCLUSIONES GLOBALES</u>	58
4. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	62

RESUMEN

Parámetros genéticos de cruzamientos asociados a la fase de cría en las razas Hereford, Aberdeen Angus y sus cruzas

El objetivo de este trabajo fue la estimación de parámetros genéticos de cruzamientos asociados a la fase de cría en las razas Hereford, Aberdeen Angus y sus cruzas F1 recíprocas. En el Capítulo I se revisaron los modelos y las técnicas de diseño de experimentos para estimar dichos parámetros; también se revisaron antecedentes nacionales e internacionales en la estimación de parámetros en las características de interés en este trabajo: Condición corporal al parto (CCP), Peso al nacimiento (PN), Porcentaje de destete (%D) y Peso al destete (PD). En el Capítulo II se estimaron diferencias en efectos directos ($g_{IA} - g_{IH}$) y maternos ($g_{mA} - g_{mH}$), efectos de heterosis individual (h_{IAH}) y materna (h_{mAH}) mediante modelos lineales para CCP, PN, y PD y usando modelos lineales generalizados para %D. En el Capítulo III se reflexionó sobre el aporte que los resultados obtenidos pueden hacer en el mejoramiento de los índices del rodeo de cría nacional, en el marco del nuevo escenario presente en el agro uruguayo. En CCP la diferencia fenotípica entre cruzas y puras fue de 0,04 puntos, siendo los efectos raciales y la heterosis estimada no significativa. En peso al nacimiento la combinación de ambas razas no generó aumentos de peso, siendo la heterosis individual no significativa. En %D y PD se evidencian las ventajas del uso de cruzamientos entre Hereford y Aberdeen Angus en nuestros sistemas de cría; las madres híbridas superaron en 24,7 puntos al promedio de las vacas puras en %D y destetaron terneros en promedio 15,8 y 7,5 kg más pesados que los hijos de madres puras, diferencia explicada por los beneficios derivados de la heterosis individual y maternal, ambas significativas.

Palabras clave: Bovinos de carne, cruzamientos, efectos directos, efectos maternos, heterosis.

SUMMARY

Genetic parameters related to breeding stage from a crossbreeding study on Hereford and Aberdeen Angus breeds and their crosses

The aim of this study was to estimate crossbreeding parameters for the Aberdeen Angus (A) and Hereford (H) breeds and their reciprocal F1 crosses during the breeding stage. In chapter I, models and experimental designs for genetic parameter estimation were reviewed, as well as those genetic estimates previously reported for the traits of the present study: Body Condition score at calving (BCS), Birth weight (BW), Weaning percentage (% W) and Weaning weight (WW) . In Chapter II, direct ($g_{IA} - g_{IH}$) and maternal ($g_{mA} - g_{mH}$) additive differences, and individual (h_{IAH}) and maternal (h_{mAH}) heterosis were estimated by means of linear models for BCS, BW, and WW, and through generalized linear models for %W. In Chapter III, the results obtained from the study were discussed in terms of the new current agricultural scenario in Uruguay and how it could contribute to improve the national productivity in the beef breeding cycle. As for BCS, data revealed non significant breed and heterotic effects, being crossbred cows 0,04 points higher in score than the average of H and A purebred cows. For BW, individual heterosis was not an important effect; thus, crossbred calves did not show a weight increase which might have caused problems. The benefit of crossbreeding between H and A within our breeding system looking at %W and WW data was evident: crossbred cows were 24,7 points superior to the average between H and A purebred cows for %W, and their offspring had a weaning weight mean 15,8 and 7,5 kg heavier than the latter ones, both differences explained by significant individual and maternal heterotic effects.

Key words: Beef cattle, crossbreeding, direct effects, maternal effects, heterosis.

1. INTRODUCCIÓN

En los sistemas productores de carne, la eficiencia bioeconómica global depende fundamentalmente de la fase de cría, en la cual la reproducción de las hembras y la sobrevivencia de los terneros son críticos en sus efectos sobre la misma. Se han utilizado distintos indicadores, buscando estimar la eficiencia biológica y económica. Bailey (1981) encontró que la relación entre los kilogramos de ternero destetado y el número de vacas destinadas al servicio (al comienzo de la época de entore) era usada como una medida de eficiencia de producción en rodeos comerciales. Este cociente combina una medida de eficiencia reproductiva (porcentaje de destete) con una medida de eficiencia de crecimiento (peso al destete) (Dickerson, 1990).

En nuestro país la cría de bovinos para carne es muy importante, utilizando en el 2011 la mitad de la superficie agropecuaria nacional según datos de la Dirección de Investigaciones y Estudios Agropecuarios (DIEA), donde pastorean en el entorno de 3,9 millones de vacas de cría, 36% de las cabezas vacunas totales según datos de la Dirección de Contralor de Semovientes (DICOSE) al 30 de Junio del 2011 (Montes, 2011). La cría, en los últimos 15 años no ha podido superar, en promedio, el 62% de destete (DIEA, 2011) afectando la eficiencia de todo el ciclo de producción de carne.

Las opciones para revertir esta situación se han centrado en la mejora en la oferta y calidad del forraje (con pasturas sembradas o mejoradas) o en su utilización, testada mediante el estado corporal de las vacas y la altura de la pastura. Otras alternativas de manejo, son los destetes temporarios o precoces de baja adopción por parte de los productores (Soca y Orcasberro, 1992). Ante este panorama de estancamiento en la fase de cría del rodeo nacional, resultan importantes, medidas que permitan un incremento de la eficiencia reproductiva, y en mayor medida las de bajo costo. La mejora genética a través de cruzamientos entre razas, puede constituir una vía válida para lograr ese objetivo (Espasandin *et al.*, 2006).

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).

El cuerpo central de esta Tesis es un Artículo Científico que será enviado para su publicación a la revista *Agrociencia* de la Facultad de Agronomía -UDELAR.

1.1 MARCO CONCEPTUAL

Las diferentes razas existentes son consecuencia de la segregación y aislamiento geográfico y/o reproductivo de subpoblaciones en las que se ha ejercido la selección natural, mutación, migración, deriva genética y la acción del hombre, habiéndose adaptado a distintas condiciones ambientales y objetivos de producción. Este proceso evolutivo lleva a las distintas manifestaciones raciales (Dickerson, 1973).

Los cruzamientos y la selección son dos herramientas disponibles para la mejora animal. Los cruzamientos entre razas permiten aumentar la productividad rápidamente, con aumentos del orden de 20 a 70 por ciento, aunque la posibilidad de mejora se agota una vez estabilizado el sistema escogido, mientras que la selección produce cambios graduales pero acumulativos del orden de 1 a 2 por ciento por año, después de estabilizado el programa. Ambos métodos no son excluyentes sino que pueden ser aplicados simultáneamente (Madalena, 2001).

Conociendo las diferencias en el comportamiento de diferentes razas para varias características, y conociendo el uso de estas diferencias en un sistema de

producción, podemos capitalizarlas a favor de nuestros objetivos, combinando los distintos recursos genéticos a través de cruzamientos (González, 1991).

La información proveniente del Programa de Evaluación de Germoplasma, del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, desarrollado en el estado de Nebraska, es coincidente en señalar que existen diferencias raciales en una amplia gama de características reproductivas como porcentaje de parición y destete, dificultad al parto etc., en razas de diferentes orígenes, lo que se traduce en diferencias importantes en kilos de ternero destetado por vientre entorado (Cundiff *et al.*, 1986, Gregory *et al.*, 1993). En estos trabajos se señalan importantes ventajas de utilizar hembras híbridas de origen británico (Hereford, Angus, Shorthorn) en la fase de cría, logrando un promedio de 23% de heterosis total (individual y maternal) para los kilos de ternero destetado por vaca entorada, lográndose un mejoramiento de las características reproductivas del orden de un 10 al 15 por ciento (Cundiff, 1970). Por otra parte Baker (1980) en Nueva Zelandia, con las razas Hereford y Angus encontró que la heterosis en sobrevivencia y crecimiento del ternero y en eficiencia reproductiva de la madre puede sumar hasta un 29 por ciento (22% maternal y 7% individual) por el uso de madres cruce entre estas razas.

La información indica que a nivel internacional, el grado de uso de los cruzamientos se ha incrementado en Nueva Zelandia, Canadá, zonas templadas como Australia y Estados Unidos, país en el cual la proporción de predios que cruzan está ubicada entre el 81 a 91% (Sundstrom *et al.*, 1994).

Una conclusión constante que surge de las evaluaciones raciales que se han realizado es que si bien existe una vasta variación genética entre y dentro de razas, no hay una sola raza o tipo biológico que sea superior en todas las características importantes en términos bioeconómicos en la producción de carne (Cundiff *et al.*, 1986, 1993).

Según Madalena (2001) a pesar de su importancia, el uso racional y planificado del germoplasma animal ha recibido atención desde hace sólo algunas décadas. Se debe

al norteamericano Gordon E. Dickerson (1969) el concepto de que la variación genética entre razas constituye un recurso natural, que puede ser utilizado para una producción animal más eficiente a través de uno de tres procedimientos alternativos:

1. selección de la mejor raza, cuando existe alguna claramente superior,
2. uso de cruzamientos de forma sistemática, o
3. desarrollo de una nueva raza, a partir de cruzamientos de las existentes

Madalena (2001), indica que el problema es cómo identificar las razas potencialmente utilizables, las más apropiadas para las necesidades futuras de cada región, y aprender como éstas deberían ser utilizadas más eficientemente para la producción de productos animales. En este sentido, Eisen (1989) señaló que para un óptimo uso racial de cada una de las especies de animales domésticos son esenciales estimaciones confiables de los parámetros genéticos y económicos.

Los parámetros genéticos involucrados en cruzamientos intentan representar el comportamiento de grupos genéticos de cualquier combinación racial mediante una ecuación matemática o modelo general lineal. La estimación de los mismos permite la predicción del desempeño de los diferentes genotipos en diferentes sistemas de cruzamientos. Para su estimación es necesario implementar experimentos apropiados de cruzamientos (Eisen, 1989).

Es importante definir cuáles son los efectos que se encuentran presentes cuando se realiza un cruzamiento. Entre los más importantes se encuentra la diferencia genética que hay entre las razas, determinada por la carga genética que presenta una raza, en comparación con otra. Esto está determinado por el efecto aditivo de los genes (Willham 1970, Dickerson 1973).

El uso de cruzamientos supone beneficios aditivos surgidos del hecho de “sumar” distintas razas con diferencias genéticas. Estos efectos se puede diferenciar en: los efectos genéticos aditivos directos o individuales (g_i), que son los propios del animal

donde se mide la o las características, y las diferencias en la habilidad maternal o efecto genético aditivo maternal (gm) existente en las distintas razas, que si bien son aditivas directas en las propias madres, ejercen su efecto a través de características maternas en los animales que se evalúan.

La diferencia genética entre razas genera una amplia variación que se puede expresar como “variación aditiva inter-racial”. Paralelamente se debe considerar la variación intra-raza, ya que ambas podrán ser utilizadas como recursos animales en un sistema de producción de carne. En base a resultados experimentales, Koch *et al.* (1989) observaron que el rango de variación de los valores genéticos dentro de las razas fue similar al rango de variación que mostraban los promedios de cada una de las distintas razas.

La utilización de cruzamientos conlleva beneficios extra derivados de la heterosis (h) o vigor híbrido, definido como la diferencia en el comportamiento para las características que se estén considerando, entre la población de individuos cruce F1 y el promedio de individuos contemporáneos hijos de las razas parentales utilizadas (Willham 1970, Dickerson 1973). Los niveles de heterosis dependen del ambiente donde son medidos. En general se ha encontrado que en ambientes buenos los niveles de dicho efecto son menores que en ambientes pobres (Cunningham y Magee, 1988). En una revisión de experimentos, donde la mayoría no estaban diseñados para medir la interacción heterosis-ambiente, Barlow (1981) observó que en ambientes más “pobres” los niveles de heterosis fueron mayores. La heterosis individual (hi), es la que presenta una población de individuos F1 y se define como la diferencia entre el desempeño de la F1 y el promedio de ambas razas parentales; la heterosis maternal (hm), se refiere a la heterosis en la población, que es atribuible al uso de madres cruce en lugar de madres del promedio de las razas parentales. Este tipo de heterosis se manifiesta en los hijos de madres cruce a través de un aumento en la producción de leche, un mejor ambiente prenatal, mayor habilidad materna, etc. (Cardellino y Rovira, 1987).

Otro concepto que puede explotar un sistema de cruzamientos es el de complementariedad, que mide el beneficio de aparear razas en secuencias específicas para maximizar o conjuntar características deseadas y minimizar el impacto de las indeseadas (Gimeno, 1991). El uso más claro de la complementariedad se da cuando madres cruza de tamaño medio y bajos requerimientos, luego de sus primeros partos, son cruzadas con razas de gran crecimiento y carne magra para producir, sin problemas de distocia, animales de gran capacidad de crecimiento y una res de excelente calidad carnicera. La complementariedad permite en este caso un manejo objetivo de los problemas causados por el antagonismo biológico y genético entre caracteres materno-reproductivos y los de crecimiento y calidad de res (Cartwright, 1970).

1.1.1 Modelos para estimar parámetros de cruzamientos

La elección de la estrategia de cruzamientos más adecuada requiere la evaluación del germoplasma disponible, tanto desde el punto de vista zootécnico como, principalmente, desde el punto de vista económico (Madalena, 1989). Como existen muchos sistemas de cruzamientos (terminal, rotacional, rota-terminal, de dos, tres o más razas) la comparación de todas las alternativas posibles sería muy costosa. Sin embargo, 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. Para obtener inferencias válidas, es necesario usar animales representativos de cada raza cruzada, especialmente los toros, utilizando la mayor cantidad posible (Madalena, 2001).

Utilizando las estimaciones obtenidas a través de modelos adecuados es posible predecir el desempeño de genotipos que no fueron evaluados (Kinghorn y Vercoe, 1989). Es importante considerar la precisión con que fueron estimados. Según

Cunningham (1987), los modelos utilizados deben considerar el efecto de los genes a tres niveles:

1. Efectos aditivos: es el efecto de un gen solo, actuando independiente del resto del genotipo;
2. Efectos de dominancia: es el efecto de la acción conjunta de pares de genes dentro de un mismo locus;
3. Efectos epistáticos: es el efecto de acción conjunta de dos o más genes de dos o más loci.

Según Komender (1988), los diferentes modelos que se pueden utilizar para estimar los parámetros de cruzamientos difieren en las bases teóricas en que se sustentan, siendo la principal, la inclusión o no y la naturaleza de las interacciones epistáticas, las cuales son definidas como interacciones no alélicas de genes (Kinghorn, 1980).

Según Madalena (2001) el modelo aditivo-dominante es un modelo simplificado que incluye efectos aditivos y de dominancia. Según este modelo, el desempeño de cualquier cruzamiento puede describirse si se conocen los parámetros que expresan las diferencias aditivas entre las razas (g) y la heterosis (h), ya que las proporciones en que ellos son expresados pueden calcularse a partir de las leyes de Mendel. Este modelo supone que la heterosis es debida solamente a la dominancia y que la heterocigosis racial (proporción esperada de loci ocupados por un alelo de cada raza) no mide la heterocigosis, sino apenas la proporción de loci con origen racial diferente, que aún así podrían ser idénticos en estado. Solamente en la F1 todos los individuos tienen exactamente $\frac{1}{2}$ de genes autosómicos de cada raza parental y todos sus *loci* ocupados con un gene de cada raza; en los otros cruzamientos, la presencia/ausencia de genes de cada raza en cada *locus* generan una distribución de probabilidades. Según este autor, este modelo fue introducido en plantas por Gardner y Eberhart (1966) y aplicado por primera vez en animales por el genetista brasileño Roland Vencovsky en 1970.

Como en cualquier modelo, es necesario tomar una raza como base, debido a que la suma de las proporciones génicas que componen el genotipo de un individuo debe sumar uno. Disponiendo de una estimación experimental del desempeño de la raza tomada como base, la diferencia entre las razas y la heterosis, es posible predecir el desempeño de cualquier cruzamiento de esas razas, aun de aquellos que nunca fueron realizados en la práctica.

El modelo aditivo-dominante con efectos individuales puede fácilmente extenderse para incluir efectos maternos, es decir, efectos genéticos presentes en la madre que afectan el desempeño de su progenie (Dickerson, 1969), incluyendo de esa forma la diferencia aditiva entre las razas y la heterosis en el desempeño materno. Los efectos maternos pueden ser debidos a herencia citoplasmática o al ambiente proporcionado por la madre, intra o extra uterino, típicamente su producción de leche.

Este modelo ha sido en general suficiente para explicar el desempeño de cruzamientos de razas de *Bos taurus*. Uno de los primeros ejemplos de uso del modelo aditivo-dominante con efectos maternos en tres razas, en bovinos, fue presentado por Robison *et al.* (1981) aplicado a cruzamientos de Holstein, Brown Swiss y Ayrshire.

Definiciones relativas a modelos incluyendo interacciones de *loci* no alélicos fueron presentados por Hill (1982), en términos de la teoría usual de genética cuantitativa para las interacciones de efectos aditivos x aditivos, aditivos x dominantes y dominantes x dominantes, en el caso de dos *loci* independientes. La inclusión de interacciones de efectos aditivos x aditivos es atrayente porque se sabe de la teoría que la selección puede aumentar la frecuencia de combinaciones no alélicas (Griffing, 1960), las cuales serían parcialmente pérdidas por recombinación en los cruzamientos con otras razas.

Diversos modelos han sido propuestos para incluir la epistasis, a partir de la pérdida por recombinación definida por Dickerson (1969, 1973). Las correspondencias entre

los diversos parámetros sugeridos, varios de ellos siendo funciones lineares de los otros, fueron descritas por Koch *et al.* (1985).

Kinghorn y Vercoe (1989) analizaron los resultados de Koch *et al.* (1985) para 13 características en cruzamientos Hereford-Angus, concluyendo que las decisiones sobre elección de cruzamientos eran generalmente robustas con respecto al modelo genético de epistasis usado. Los modelos con epistasis agregaban poco al modelo aditivo-dominante; para la mayoría de las características las estimaciones realizadas no fueron significativas.

Fries *et al.* (2000) sugirieron un parámetro alternativo para medir las pérdidas de combinaciones epistáticas, considerando que los padres con mayor heterocigosis racial serían también los que formarían mayor proporción de gametos recombinantes con respecto al origen racial de los genes, definiendo así la epistazigosis. Las pérdidas por recombinaciones serían proporcionales a la epistazigosis, siendo máximas en las progenies de padres F1.

Según Kinghorn (1983), para probar la existencia de epistasis se requiere la inclusión en el experimento de grupos cuyos padres y madres son cruzados, ya que de otra forma la epistasis está confundida con los parámetros del modelo aditivo-dominante.

Según Madalena (2001), debe distinguirse la validez operacional de los modelos genéticos, de su validez biológica. Como cualquier modelo de regresión, en la medida que explican la variación en las observaciones, son útiles para predecir el desempeño de los cruzamientos, cuando son validados estadísticamente, sin embargo esto no significa que tales modelos ayuden a entender los procesos biológicos subyacentes. Tales modelos deben ser validados experimentalmente. Según este autor es cuestionable que sea de interés desarrollar experimentos para buscar modelos para describir la epistasis. Aunque es conveniente disponer de modelos de predicción, no debe olvidarse que los modelos genéticos son apenas descriptivos, ya

que como no es posible identificar los genes responsables y estimar sus efectos, la capacidad analítica de la metodología es limitada.

Dillard *et al.* (1980), en un experimento incluyendo las razas Angus, Charolais, Hereford y sus cruzas encontraron que la epistasis junto a la heterosis maternal sólo explicaron alrededor del 1% de la variación encontrada en peso al destete y ganancia diaria. Koch *et al.* (1985), en un experimento con líneas puras, F1, retrocruzas, F2 y F3 entre Angus y Hereford encontraron que los efectos epistáticos fueron insignificantes para fecha de parto, peso al nacer, ganancia predestete y cobertura de grasa.

Komender y Hoeschele (1989) propusieron el uso de modelos mixtos para la estimación de los parámetros de cruzamientos. La justificación de este procedimiento está en que se eliminarían vicios de estimación derivados de eventuales confundimientos de animales con grupos genéticos y también, por otra parte, en que los errores estándar de los parámetros estimados con modelos de efectos fijos son irrealmente bajos. Dependiendo de la estructura de parentesco de los grupos genéticos estudiados, un modelo de padres solamente o padres y abuelos maternos puede ser suficiente para la estimación de los parámetros de interés.

1.1.2 Diseños experimentales para la estimación de parámetros de cruzamientos

Dada la importante inversión en recursos animales y materiales que involucra el establecimiento de un experimento de cruzamientos en bovinos, parece necesario utilizar herramientas que permitan cuantificar de alguna manera la precisión de futuras estimaciones de los parámetros genéticos de interés. Esto permite definir la óptima estructura de apareamientos y la asignación de las unidades experimentales para determinada capacidad de control, así como realizar consideraciones tales como la conveniencia o no de implementar un experimento en función de su eficiencia

relativa, y el costo asociado al mismo durante el período de ejecución (Avendaño y Gimeno, 1996a).

Existen técnicas para el diseño de experimentos de estimación de parámetros de cruzamientos, que permiten un uso más eficiente de los recursos experimentales. Para llegar a inferencias válidas se requiere el uso de animales representativos de cada raza cruzada, especialmente de los padres, que deberían ser tantos cuanto fuera posible (Madalena, 2001). Solkner y James (1990) desarrollaron una metodología que considera varios criterios de optimización para obtener varianza mínima en las estimaciones de los parámetros de cruzamientos. Una de las propiedades de este criterio es que los diseños óptimos son invariantes con respecto a transformaciones. Basados en modelos mixtos, estos autores derivaron un método para escoger los cruzamientos y los números de animales en cada grupo que resultan en el determinante mínimo, para un número fijo de animales que pueden ser mantenidos por año. Estudiaron también los diseños que no cuentan con una o las dos razas parentales puras, mostrando que tienen una eficiencia muy reducida, al punto de justificar los costos de importación cuando una de las razas no está disponible en el país. También recomendaron las siguientes reglas que se deberían seguir en el diseño de experimentos de cruzamientos:

1. Usar tantos padres como sea posible, con el mismo número de progenies por padre dentro de cada grupo de cruzamientos;
2. Usar los mismos padres, cuando sea posible, para producir los diferentes grupos genéticos;
3. Si hay una limitación en el número de padres que pueden ser usados en cada año, cambiar los padres en los distintos años, de manera de obtener un mayor número de padres total;
4. De ser posible, es preferible que todos los grupos comparados sean contemporáneos.

Gimeno *et al.* (1995) exploraron diseños que optimizaran la estimación de los componentes del modelo genético, para diferentes alternativas posibles en un establecimiento comercial. Avendaño y Gimeno (1996a) compararon los diseños dialélicos entre las razas Hereford y Aberdeen Angus desarrollados por el Clay Center (Nebraska, EEUU) y por la Facultad de Agronomía (FA) y propusieron una estructura poblacional óptima para este experimento. Dentro del dialélico FA se evaluó la conveniencia de dos estructuras poblacionales diferentes. En la primera se inseminaban 100 vacas por año (50 Hereford y 50 Aberdeen Angus), generándose en cada parición igual número de individuos puros H/H, A/A y F1 recíprocos H/A y A/H; mientras que en la segunda estructura con el mismo número de vacas inseminadas, se priorizó 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.

Los resultados de Avendaño y Gimeno mostraron que las diferentes opciones del dialélico FA eran razonablemente eficientes comparadas con la opción óptima del de Clay Center. La mejor opción de FA era irrealizable debido a limitantes de tipo biológico, por lo que se optó por implementar una de las dos opciones restantes las cuales eran muy parecidas en términos de eficiencia relativa. El agregado de las pérdidas por recombinaciones epistáticas maternas en el modelo, produjo una disminución del indicador de eficiencia en todas las opciones de Facultad, lo cual influiría en la precisión de los demás efectos del modelo.

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 surge que no hay diferencias en la precisión de las estimaciones de los

efectos de origen aditivo entre los tres modelos, debido a que estos asignan los mismos coeficientes de expresión de estos parámetros genéticos en los grupos genéticos que aportan información. Por otra parte, estos parámetros son los que se estimarían con mayor precisión. 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.

1.1.3 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: condición corporal al parto y porcentaje de destete 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 ser: porcentaje de preñez y porcentaje de parición.

1.1.3.1 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 y 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, 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 (Schröder y Stufanbiel 2006, Carriquiry *et al.*, 2009)

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 nuestro país, 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, 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 aún 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 Rosengurtt (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 cruzas (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 cruzas 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 cruzas (Hereford-Angus) en alta oferta de forraje presentaron mejor índice de condición corporal, movilizandando 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 mostraron que no hubo relaciones antagónicas entre peso, altura y CC y sí hubo 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.

1.1.3.2 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 (1993), 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 Cuadro 1 se presentan resultados de la estimación de efectos aditivos y no aditivos para peso al nacimiento en bovinos de carne.

Cuadro 1. Resultados experimentales de estimación de diferencias de efectos aditivos y no aditivos en peso al nacimiento para la raza Aberdeen Angus expresados en relación a Hereford (kg).

Razas	Parámetros				Autores
	gi	gm	hi	hm	
Hereford-Angus (1)		0,2			Long y Gregory (1974)
Hereford-Angus (1)		0,3			Gregory <i>et al.</i> (1980)
Angus-Hereford	-4,3**	1,1**	0,5	-0,1(a)	Dillard <i>et al.</i> (1980)
Angus-Hereford	-3,6		1,2**	0,1	Alenda <i>et al.</i> (1980)
Angus-Hereford	-1,3**	-0,1	0,8**	1,0*	Koch <i>et al.</i> (1985)
Angus-Hereford	-3,4**	2,9	2,8***	-1,6	Cunningham y Magee (1988) 1972-76
Angus-Hereford	-9,5***	8,0***	4,9*	-3,2	Cunningham y Magee (1988) 1978-82

Hereford- Angus (1)	3,0**	-0,9	2,5**	0,9	Franke <i>et al.</i> (2001)
Angus- Hereford	0,6		-2,3		Gimeno <i>et al.</i> (2002)
Angus- Hereford	-1,8**	3,6***	0,3	1,8**	Lema (2007)
Angus- Hereford			0,65		Rogberg (2005)
Angus- Hereford	3,5**	0,2	0,8**	0,2	Melucci(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

Como se puede observar, la raza Angus presenta efectos aditivos directos negativos en 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 *et al.* (1988) de 9,5 kg. En nuestro país, Gimeno *et al.* (2002) encontraron un valor no significativo de 0,6 kg de Angus en relación a 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, 1993). 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 maternos entre las razas se calculan a través de la comparación de los grupos recíprocos, cuya diferencia se atribuye únicamente a los diferentes efectos genéticos maternos. Sin embargo, Gregory *et al.* (1978) puntualizan que las diferencias entre las cruza recíprocas de dos razas incluyen los efectos maternos así como también cualquier otra diferencia en el mérito genético promedio para efectos transmisibles entre las muestras de padres y madres representadas en las cruza recíprocas. Asumiendo que no hubieran efectos de muestreo de padres y madres, dicho contraste permitiría detectar las diferencias entre los efectos maternos de las razas comparadas.

En la literatura revisada, los efectos aditivos maternos muestran resultados variables: Long y Gregory (1974) encontraron una diferencia no significativa de 0,2 kg entre los efectos genético aditivo maternos entre Hereford y Angus, en el entorno a la reportada por Gregory *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 maternos 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 aumentasen 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 nuestro país, 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 cruza; este parámetro incide fundamentalmente en el ambiente prenatal y en la producción lechera. Según Hohenboken (1987), un mejor comportamiento materno de las madres cruza 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 materno 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).

1.1.3.3 Porcentaje de destete

El bajo porcentaje de destete 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 la condición corporal al parto, el largo del anestro posparto y la baja probabilidad de preñez (Soca, 2005).

Los predios comerciales que se dedican a la cría han registrado en los últimos 15 años, en promedio, un porcentaje de preñez de 74%, con un máximo de 83% en 2002 y un mínimo de 64% en 2009. Las pérdidas que ocurren desde el diagnóstico de gestación hasta el destete, representan en promedio alrededor de un 11%. De acuerdo a esto, en el período mencionado, la tasa de destete, que relaciona la cantidad de terneros destetados con el número de vacas entoradas, ha sido en promedio 62% (DIEA, 2011).

Durante todo este período y en cada una de sus fases, actúan en forma aislada o conjunta, factores de orden sanitario, de manejo nutricional, genético, ambiental, etc, que hacen disminuir los índices reproductivos desde el comienzo mismo de la concepción hasta la vida independiente del ternero. De manera general las pérdidas promedio aceptadas en cada una de estas etapas abarcarían: pérdidas por muerte embrionaria: 5%, pérdidas durante la gestación: 2%, pérdidas durante el parto: 2% y pérdidas hasta el destete: 3% (Blood y Radostitis, 1992). Este porcentaje total de pérdidas (12%) señalado por estos autores, es muy parecido al reportado por DIEA (11%) casi 20 años después. Los factores mencionados afectan la eficiencia global de la cría vacuna, la que puede ser cuantificada como los kilogramos de ternero destetados por vaca entorada, característica compuesta que resume otras (porcentaje de parición, sobrevivencia de terneros y peso al destete), constituyendo un buen indicador de la eficiencia en los sistemas de cría (Gimeno *et al.*, 1992).

Mejorar la eficiencia reproductiva entonces, aparece como una estrategia determinante de la obtención de un buen resultado en la cría, siendo necesario priorizar este aspecto primero, para luego apostar a mejorar el peso al destete del ternero. Para ello no solo es importante lograr valores altos de concepción sino también concretar este valor en un ternero destetado (Simeone y Beretta, 2003).

Los cruzamientos podrían tener un rol a jugar en la mejora de la eficiencia reproductiva a través de su influencia en la característica porcentaje de destete. Rollins *et al.* (1969) encontraron valores de heterosis para porcentaje de destete en las cruzas de Hereford-Shorthorn, Hereford-Angus y Shorthorn-Angus del orden de 8, 15 y 14 por ciento respectivamente. Cundiff *et al.* (1974) reportaron 6,4 por ciento de ventaja de las cruzas entre Hereford, Angus y Shorthorn respecto a las razas puras. Esta diferencia fue atribuible a la mayor tasa de preñez al primer servicio de las cruzas, no siendo significativas las diferencias encontradas en la sobrevivencia post natal. Trabajando con las mismas razas, Gaines *et al.* (1978) encontraron una pequeña diferencia a favor de las puras en esta característica (88,2% vs. 87,5%).

Nelson *et al.* (1982) encontraron diferencias en las tasas de destete en cruzamientos entre las razas Hereford, Angus, Shorthorn y Charolais frente a Hereford puro. Las hembras Shorthorn-Hereford, Angus-Hereford y Charolais-Hereford destetaron 83,4, 76,8 y 77,7 por ciento de terneros frente a 66,4 por ciento del Hereford puro. En este estudio las diferencias se atribuyeron a pérdidas relacionadas con problemas de distocia, y a la sobrevivencia hasta el destete.

Davis *et al.* (1983), estudiaron la eficiencia global en el ciclo de producción de carne, analizando el impacto que tenían varias características medibles en la vaca y en el ternero, como ser edad a la pubertad, altura, peso y edad al parto, tasa de destete, producción de leche, peso al destete, etc. Estos autores destacaron la gran influencia de la reproducción al encontrar una correlación positiva altamente significativa entre la tasa de destete y la eficiencia en el ciclo de vida de las vacas. Ellis *et al.* (1979)

trabajando con Charolais, Hereford y Angus, no encontraron diferencias significativas en el porcentaje de destete entre cruza y razas puras, pero si observaron un mayor porcentaje de terneros destetados en la cruce recíproca Angus-Hereford que el promedio de las razas puras. Spelbring *et al.* (1977) estudiaron la productividad maternal del cruce Angus por Milking Shorthorn expresada a través de los porcentajes de preñez, parición y destete. Las cruza resultaron superiores en las tres características, siendo a su vez las diferencias en porcentaje de destete superiores a las diferencias encontradas en los porcentajes de parición, lo cual indica mayores tasas de sobrevivencia de los terneros hijos de vacas cruza. Sobre la base de estos datos, los autores concluyen que existen grandes ventajas económicas asociadas con el uso de vacas cruza. Al cabo de tres años de estudio se obtuvo un 20 por ciento más de terneros destetados por vaca cruce respecto a una vaca pura.

De los trabajos revisados queda claro que son varias las características que se suman para determinar mayores índices de destete en los vientres cruza: 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.

1.1.3.4 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 MacNeill *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.

Cuadro 2. Resultados experimentales de estimación de diferencias de efectos aditivos y no aditivos en peso al destete para la raza Aberdeen Angus expresados en relación a Hereford (kg).

Razas	Parámetros				Autores
	gi	gm	hi	hm	
Angus-Hereford	-1,6	9,8**	6,9**	3,2**	Dillard <i>et al.</i> (1980)
Angus-Hereford	-4,4***	4,5**	9,6**	4,2	Alenda <i>et al.</i> (1980)
Angus-Hereford	-5,4**	11,0**	6,9**	12,8**	Koch <i>et al.</i> (1985)
Angus-Hereford	-8,5	46,3***	26,3**	-21,9*	Cunningham <i>et al.</i> (1988)
Hereford-Angus (1)	9,2**	-17,6***	13,4***	16,0***	Franke <i>et al.</i> (2001)
Angus-Hereford		0,3 -6,4			Mac Neill <i>et al.</i> (1982)(1)
Angus-Hereford	1,2		1,6		Gimeno <i>et al.</i> (2002)
Angus-Hereford	- 4,0	18,5***	5,3**	11,9*****	Lema (2007)
Angus-Hereford			5,5**		Rogberg (2005)
Angus-Hereford	-8,4**	10,2**	6,7**	9,7**	Melucci (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

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, MacNeill *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 y 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 esas hembras cruza. 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.

1.2 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Las hipótesis planteadas en este trabajo fueron las siguientes:

- a) Existen diferencias genéticas raciales entre Hereford y Aberdeen Angus en las características: condición corporal al parto, porcentaje de terneros destetados, peso al nacer y peso al destete de la progenie.

b) Existe heterosis individual entre las razas Angus y Hereford en la condición corporal al parto, porcentaje de terneros destetados, peso al nacer y peso al destete de la progenie. Existe heterosis materna entre las razas Angus y Hereford en el peso al nacer y al destete de la progenie.

En base a lo anterior, los objetivos planteados en este trabajo fueron:

a) Estimar las diferencias en los componentes directos y maternos entre las razas Hereford y Aberdeen Angus en la condición corporal al parto, porcentaje de terneros destetados, peso al nacer y peso al destete de la progenie.

b) Estimar heterosis individual en condición corporal al parto y porcentaje de terneros destetados entre las razas Hereford y Angus. Estimar heterosis individual y materna en peso al nacer y peso al destete de la progenie, entre las razas Hereford y Aberdeen Angus, en un sistema en pastoreo de campo natural en Uruguay.

2. ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GENÉTICOS EN LA ETAPA DE CRÍA PARA EL CRUZAMIENTO ENTRE LAS RAZAS HEREFORD Y ABERDEEN ANGUS

Autores: Pereyra F, Urioste J, Gimeno D, Peñagaricano F, López R, Bentancur D, Espasandín A.

2.1 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 Exp. Bernardo Rosengurtt de la Facultad de Agronomía-UdelaR, Uruguay, se estimaron diferencias en efectos directos ($g_{IA} - g_{IH}$) y maternos ($g_{mA} - g_{mH}$), efectos de heterosis individual (h_{IAH}) y materna (h_{mAH}) 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 ($-1,18 \pm 0,42$ kg, $P < .0051$). Para PD la diferencia entre efectos maternos ($g_{mA} - g_{mH}$) resultó positiva, con $4,87 \pm 1,01$ kg ($P < .0001$), y la heterosis individual fue de $5,12 \pm 1,24$ kg ($P < .0001$). Para el %D, la h_{IAH} fue de $1,32 \pm 0,18$. Por su parte la h_{mAH} resultó significativa para PD ($11,58 \pm 1,48$ kg, $P < .0001$).

Las madres híbridas superaron en promedio a las vacas puras en 0,04 puntos de CCP (3,79 vs. 3,75). Al nacimiento los terneros H/H, A/H y H/A fueron más pesados que los A/A. En %D las madres cruce en promedio superan en 24,7 unidades 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).

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

2.2 SUMMARY

In a diallelic experiment between Hereford (H/H) and Aberdeen Angus (A/A), developed between 1994 and 2002 at the Bernardo Rosengurtt Experimental Station, College of Agriculture-University of the Republic, Uruguay, individual ($g_{iA} - g_{iH}$) and maternal ($g_{mA} - g_{mH}$) breed differences, individual (h_{iAH}) and maternal (h_{mAH}) 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). The difference ($g_{iA} - g_{iH}$) and the heterosis were not significant for BW ($P > .005$). For WW, the difference between maternal effects ($g_{mA} - g_{mH}$) was positive, with 4.87 ± 1.01 kg ($P < 0.0001$), and individual heterosis was 5.12 ± 1.24 kg ($P < 0.0001$). The h_{iAH} for % W was $1,32 \pm 0,18$. The h_{mAH} was significant for WW (11.58 ± 1.48 kg, $P < 0.0001$). Crossbred dams were higher than pure breed by 0,04 points CC (3.79 vs. 3.75), differing H/H and H/A with A/A and HA ($P < 0.05$). At birth, calves H/H, A/H and H/A were heavier than A/A. For %W, crossbred dams averaged 24,7 points higher than pure breeds ($85,0$ vs $60,3$). Crossbred breed dams weaned calves significantly heavier (means 159,1kg). Hereford breed dams weaned calves with significantly less weight (means 143,3kg).

Key words: beef cattle, crossbreeding, direct effects, maternal effects, heterosis

2.3 INTRODUCCIÓN

La carne vacuna posee una importancia ineludible para la economía uruguaya, representando en el año 2010 el 16,8% del total de las exportaciones del sector agropecuario, generando un ingreso de 1128 millones de dólares (DIEA, 2011). A pesar de su importancia la producción de carne muestra ineficiencias en varias de sus etapas. Uno de los problemas está 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 la condición corporal al parto (CCP), el largo del anestro posparto y la baja probabilidad de preñez (Soca, 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, 2005). Otras alternativas de manejo, como la variación en la oferta de forraje del campo natural o los cruzamientos entre razas han sido menos estudiados por los investigadores.

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 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 (Long, 1980).

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

producción de carne más difundidas en el país: Hereford y Aberdeen Angus. En base a esto, el objetivo planteado en este trabajo fue la estimación de parámetros genéticos de cruzamiento aditivos y no aditivos para condición corporal al parto, peso al nacer, porcentaje de destete y peso al destete y generar información sobre diferencias fenotípicas entre las razas Hereford y Aberdeen Angus, para el Uruguay, bajo condiciones de pastoreo de campo natural.

2.4 MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron las bases de datos provenientes de un experimento de cruzamientos desarrollado en el Noreste del Uruguay entre los años 1994 y 2002, 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.

Los animales pastorearon campo natural perteneciente a suelos desarrollados sobre la Formación Yaguari, caracterizados en su producción por una marcada estacionalidad primavero-estival, acumulando en este período el 60% de la producción total anual. 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 laguroides*, *Schizachyrium sp.*, *Coelorhachis selloana* y de ciclo invernal: *Piptochaetium montevidense*, *Piptochaesium stipoides* y *Stipa setigera* (Boggiano, P., com. per.)

El sistema ganadero se caracterizó por su orientación de ciclo completo, contando con una superficie de pastoreo de 684 ha. La fase de cría ocupó 256 ha, en su mayoría campo natural y una proporción (38%) de campo mejorado (fertilización de

campo natural y coberturas). La carga promedio general manejada durante los 9 años fue de 1,14 UG/ha.

La base de cría que originó este trabajo comenzó en el año 1994 con vacas de las razas puras Hereford (H/H) y Aberdeen Angus (A/A). Las primeras vaquillonas cruza de ambas razas (AH/HA) se inseminaron en el año 1996, naciendo su progenie en el año 1997. Las vacas A/A provinieron de dos orígenes: donadas por la Sociedad de Criadores de Aberdeen Angus del Uruguay y por compra directa de la EEER. Las vacas de la raza H/H provinieron del rodeo existente en la propia Estación Experimental. Los toros de ambas razas fueron adquiridos en cabañas representativas de las razas en el país. Estas dos razas de origen británico fueron elegidas por su importancia como razas maternales 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 ellos para la Facultad de Agronomía (FA), y en segundo lugar estudiaron cuál sería la estructura poblacional óptima para el experimento de la FA, utilizando la metodología D-Optimality (Sölkner y James, 1990). 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.

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

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

En el Cuadro 1 se observa como se fueron generando los distintos grupos genéticos durante los 9 años del experimento.

Se utilizaron toros de las dos razas puras y toros surgidos de la cruce simple entre ambas razas. El criterio de compra de reproductores fue buscar la mayor representatividad de las razas evaluadas. Se inseminaron vaquillonas de 2 años y un número reducido de vaquillonas de 3 años y vacas falladas en el servicio anterior a los efectos de completar el número de vientres requerido por el diseño experimental (Cuadro 3). 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. Los criterios para conformar los lotes de inseminación fueron los siguientes:

- a) se refugaron vientres con pesos menores a 245 kg y condición corporal menor a 4 de acuerdo a la escala para vacas Hereford adaptada para nuestro país por Vizcarra (1986);
- b) dentro de cada grupo genético: puros (H/H y A/A) se hicieron grupos homogéneos teniendo en cuenta la condición corporal y el peso. Los genotipos puros se subdividieron en 2 grupos para inseminarlos con toros puros de ambas razas; los genotipos cruza se subdividieron en 3 grupos para poder incorporar semen de toros F1 de forma de obtener progenies F2.
- c) en la distribución aleatoria de toros, a cada grupo genético se le adjudicó por lo menos un toro para conectar la información entre años, un toro nuevo (no usado en años anteriores) por raza y un toro nacido en la Estación Experimental.
- d) en situaciones donde el número de vientres asignado a cada toro no pudo ser igual, se priorizó en vientres puros la utilización de toros nuevos y la obtención de genotipos cruza y en vientres cruza la obtención de F2.

En las vacas con cría al pie se utilizó monta natural durante 80 días a partir del 1º 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 Octubre y el destete en promedio fue a los 7 meses en el mes de Abril.

Luego del registro del peso al nacimiento, a partir de Diciembre se realizaron pesadas mensuales hasta la faena en el caso de los machos y hasta la primera inseminación de las hembras a los 24 meses. En el Cuadro 2 se presenta el número de observaciones obtenidas según las distintas combinaciones de genotipos paternas y maternas, colectadas durante los 9 años. 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.

Cuadro 2. Distribución de las observaciones según los genotipos paternos y maternos.

Genotipo paternal	Genotipo maternal				TOTAL
	A/A	H/H	H/A	A/H	
A/A	240	267	82	49	638
H/H	236	278	47	94	655
H/A	--	--	17	23	40
A/H	--	--	17	15	32
TOTAL	476	545	163	181	1365

A/A= Aberdeen Angus, H/H = Hereford. En primer lugar la raza de toro utilizada.

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

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 cruza simple de ambas razas, obteniéndose en el año 97 los primeros terneros retrocruzas que aportaron información sobre el comportamiento de las madres cruza. La mayoría de las observaciones utilizadas en este estudio correspondieron a vacas entoradas con cría al pie (Cuadro 3), siguiéndole las vaquillonas de dos años inseminadas, completándose con un reducido número de vaquillonas de tres años.

Cuadro 3. 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

Se utilizaron 26 toros, pertenecientes a la raza Hereford, 22 a Aberdeen Angus, y 9 toros cruza entre ambas razas generados en el desarrollo del experimento. En general, en la elección de los toros puros se tuvo en cuenta que provinieran de cabañas nacionales representativas de las dos razas y se priorizó utilizar la mayor cantidad posible. Se utilizaron 3 toros nuevos de cada raza por año, dejando uno de un año para el otro, de forma de poder conectar la información entre años.

Cuadro 4. Número de observaciones por raza de padre.

Raza de padre	Frecuencia	Porcentaje
A/A	638	47
H/H	655	48
H/A	40	3
A/H	32	2
TOTAL	1365	100

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

En el Cuadro 4 se puede ver que el 95 por ciento de las observaciones fueron generadas por padres de razas puras.

Al momento del parto se registró: fecha de parto, caravana de la vaca, peso y condición corporal de la vaca en los distintos lotes de parición. El peso al nacimiento de los terneros fue registrado en el campo, durante las primeras 24 horas de vida, utilizándose para tal fin una balanza electrónica montada en un vehículo que recorrió diariamente los potreros destinados a la parición. Al momento de pesarse los terneros fueron identificados con un tatuaje y caravana, se identificó su madre y se registró la fecha de nacimiento y el sexo.

La unidad experimental constituida por el ternero aportó la siguiente información: fecha de nacimiento, identificación del ternero, identificación y genotipo del padre y de la madre, peso al nacimiento y peso al destete.

El número de observaciones obtenidas no fue el mismo para las características estudiadas. Previo a los análisis se eliminaron observaciones con padre o madre desconocidos, no concordancia con el genotipo esperado al nacimiento, terneros pesados posteriormente a las 24 horas, terneros no amamantados por sus madres y terneros que al momento del destete presentaran un retraso importante del crecimiento producto de enfermedades o miasis; también se eliminaron valores considerados fuera del rango normal para cada característica.

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 utilizó el modelo aditivo con heterosis individual y heterosis maternal:

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

Donde:

Y_{ijkl} = la observación del carácter Y en el l^{esimo} ternero hijo del k^{esimo} padre o l^{esima}

observación en la k^{esima} vaca, del i^{esimo} genotipo con los j^{esimos} efectos fijos.

$g_A^{*l} (g_A^{*M})$ = efecto aditivo individual (maternal) de Angus expresado como desvío de Hereford.

$h_{AH}^l (h_{AH}^M)$ = heterosis individual (maternal) entre Angus y Hereford.

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

$k_{AH}^l (k_{AH}^M)$ = proporción retenida de la heterocigosis individual (maternal) entre Angus y Hereford calculada como $k_{AH}^l = k_A^P k_H^M + k_H^P k_A^M$ 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 fijos; para CCP: sexo del ternero, año de parto, mes de parto (anidado en el año), categoría de la vaca (vaquillonas de 1er. servicio, vacas de 2do. y vacas de 3er. entore y más). Para % Destete: 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 1er. servicio, vacas de 2do. y vacas de 3er. entore y más).

$aleatorio_k$ = efecto aleatorio de kesimo padre ($k=1$ a 57) en el caso que la observación es en el ternero o de la késima vaca en el caso de los caracteres medidos en las hembras ($k=1$ a 670) $aleatorio_k \approx N(0, \sigma_T^2)$ o $aleatorio_k \approx N(0, \sigma_H^2)$

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

Para la estimación de los parámetros se utilizó una de las dos razas puras como base; esto se debe a que la suma de las proporciones génicas de las razas que componen el genotipo de un individuo debe ser uno. Al hacerse la restricción de estimar las $n-1$ diferencias con la raza base (individual y maternal) se elimina la dependencia entre aquellas proporciones, y los coeficiente de regresión son estimables (Madalena, 2001).

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: peso al nacimiento y peso al destete (ajustado mediante regresión lineal a 205 días de edad) y condición corporal al parto y porcentaje de destete, como observaciones en la vaca. Además, se ajustó un modelo que en lugar de los parámetros de cruzamientos se incluyeron los diferentes grupos genéticos (Proc Mixed, SAS, 2008).

Para el análisis de la condición corporal al parto y los pesos al nacimiento y al destete se asumió distribución normal, en tanto el porcentaje de destete se analizó asumiendo una distribución normal (Modelo Lineal-ML) y binomial, usando modelo lineal generalizado (MLG) mediante la función logística, $\logit(\Pi_{\text{destete}})$ 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 a 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 (SAS, 2008).

Los efectos aleatorios considerados fueron: el padre del ternero para peso al nacimiento y peso al destete, y 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, fueron considerados como niveles de significancia, probabilidades $P < F$ menores al 0,05, en tanto $0,05 < P < 0,10$ se consideraron tendencias.

2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los efectos de año, mes anidado en año, categoría de la madre y sexo fueron estadísticamente significativos ($P < 0,05$) para todas las variables estudiadas, excepto sexo del ternero para condición corporal de la vaca.

Condición Corporal al parto

Las medias fenotípicas observadas mostraron diferencias significativas ($P < 0,05$) a favor de las madres H/H y H/A frente a las A/A en la condición corporal con que llegaron al parto, no diferenciándose las A/A de la crucea A/H. Las diferencias fueron de 0,14 y 0,13 puntos de CC respectivamente (Cuadro 5). Más allá de la significancia estadística, esta diferencia desde el punto de vista del manejo en los rodeos comerciales no sería relevante, en la medida que habitualmente las menores diferencias que se detectan, con las escalas comúnmente usadas, son de 0,25 puntos de CC. Adicionalmente, no hubo diferencias entre el promedio de las vacas híbridas y las vacas puras (3,79 vs. 3,75 puntos de CC), lo cual concuerda con lo observado a nivel nacional por Soca *et al.* (2008) y Arambarri y Barla (2010), quienes trabajando en altas ofertas de forraje, tampoco encontraron diferencias.

Cuadro 5. Medias de mínimos cuadrados para condición corporal al parto en vacas con diferentes genotipos.

Raza de vaca	Condición Corporal al parto
H/H	3,82 ± 0,05a
A/A	3,68 ± 0,05b
H/A	3,81 ± 0,06a
A/H	3,77 ± 0,06ab

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 ($P < 0,05$)

En los parámetros de cruzamientos, tanto la heterosis como los efectos aditivos directos no fueron significativos ($P > 0,05$).

Peso al nacimiento

Para todos los grupos raciales, en promedio, los terneros machos fueron 1,9 kg más pesados que las hembras, en tanto que 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 ($P < 0,05$) (30,7 kg vs. 32,4 kg).

Las medias por mínimos cuadrados de de los diferentes grupos raciales se presentan en el Cuadro 6. Los terneros A/A fueron significativamente más livianos frente a los terneros H/H, los A/H y la retrocruza HH/AH (2,4, 1,4 y 2,4 kg menos respectivamente).

Cuadro 6. Medias de mínimos cuadrados para peso al nacimiento de diferentes grupos raciales.

Genotipo del ternero	Peso al nacer (kg)
H/H	33,13 \pm 0,55a
A/A	30,73 \pm 0,56b
H/A	32,44 \pm 0,57ab
A/H	32,15 \pm 0,56a

H/HA	32,77±0,74ab
H/AH	33,15±0,69a
A/HA	32,40±0,71ab
A/AH	32,21±0,78ab
HA/HA	33,15±1,17ab
HA/AH	32,49±1,17ab
AH/HA	31,87±1,37ab
AH/AH	30,23±1,39ab

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 ($P < 0.05$).

Si analizamos el efecto de la raza paterna (H/H o A/A) en la cruce simple, la raza pura, y las retrocruzas, vemos que 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. Los resultados de la estimación de parámetros genéticos (Cuadro 7), muestran que la raza Aberdeen Angus tuvo un efecto aditivo directo de $-1,18$ kg en relación a Hereford para peso al nacimiento. Esto es importante en la medida que aumentos en los pesos al nacer no son deseables, por las dificultades que pueden ocasionar al parto.

Cuadro 7. Estimación de diferencias de efectos aditivos (g^I_A y g^M_A) y no aditivos (heterosis individual, h^I_{HA} , y maternal, h^M_{HA}) para peso al nacimiento para la raza Aberdeen Angus expresados en relación a Hereford.

	Peso al nacimiento (kg)	Significancia(P<F)
Hereford	32,38 ±0,48	
Angus	30,40 ±0,49	
g^I_A	-1,18±0,42	0,0051
g^M_A	0,10±0,24	0,6700
h^I_{HA}	0,32±0,24	0,1749
h^M_{HA}	0,53±0,29	0,0687

g^I_A y g^M_A = efectos aditivos h^I_{HA} y h^M_{HA} = heterosis

directos y maternos de Angus individual y maternal entre
en relación a Hereford; Angus y Hereford.

Esta diferencia en los efectos aditivos directos de A/A en relación a H/H, es menor a las estimadas por Dillard *et al.* (1980), Alenda *et al.* (1980), Koch *et al.* (1985), Cunningham y Magee (1988) en dos estudios y por Franke *et al.* (2001), los cuales estimaron para las mismas razas diferencias de -4,3, -3,6, -1,3, -3,4, -9,5 y -3,0 kg respectivamente. Es posible que los ambientes en los que se desarrollaron estos trabajos sean diferentes a los nuestros, especialmente en lo relativo a las condiciones nutricionales, permitiendo alcanzar los potenciales de las razas (lo que no sucede bajo nuestros sistemas de producción). En sentido contrario Melucci *et al.* (2011) encontraron una diferencia de 3,47 kg de Angus en relación a Hereford. 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 Angus (g_{iA}). 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.

En los efectos aditivos maternos no se encontraron diferencias significativas entre las dos razas. Este resultado concuerda con lo obtenido por Koch *et al.* (1985), Cunningham y Magee (1988), Franke *et al.* (2001) y Melucci *et al.* (2011), quienes no encontraron diferencias significativas entre las dos razas, en tanto Dillard *et al.* (1980) y Cunningham y Magee (1988) observaron diferencias de 1,1 y 8,0 kg a favor de Angus. Lema (2007), reportó un valor significativo de 3.6 kg de Angus en relación a Hereford 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 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-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 es de 1.5 ton. MS/ha/año (Carámbula, 1978). En este contexto es posible que la raza Hereford se distancie más de la Angus en sus caracteres maternos. Por su parte los tapices dominantes en la Estación EEBR, 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 Hereford tener un mejor desempeño para esta característica. La producción de estos campos fue estimada en 2.5 ton. MS/ha/año (Carámbula, 1978).

El valor de heterosis individual estimado en este trabajo para peso al nacimiento no fue significativo. Este resultado 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. En sentido contrario, una vez más se observan diferencias con los trabajos extranjeros, en donde Alenda *et al.* (1980), Koch *et al.* (1985), Cunningham y Magee (1988) en dos estudios, Franke *et al.* (2001) y Melucci *et al.* (2011) encontraron heterosis individual significativa entre ambas razas, en un intervalo de 0,8 a 4,9 kg. En nuestro país 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 si bien no alcanzó la significancia, muestra tendencias ($P=0,0687$) hacia aumentos en los pesos al nacer en terneros hijos de vacas cruza ($0,53\pm 0,29$ kg). 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) y 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.

Porcentaje de destete

Los valores fenotípicos obtenidos para esta característica (Cuadro 8), muestran que las madres cruza en promedio superaron en 24.7 puntos al promedio de las madres puras (85,0 vs 60,3). Estos resultados son consistentes con la literatura revisada, donde se observan diferencias importantes en este indicador a favor de las madres híbridas en un rango de 6,4 a 14 por ciento, según lo reportado por Cundiff *et al.* (1974) y Rollins *et al.* (1969) cruzando razas británicas. 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 cruza.

Cuadro 8. Medias de mínimos cuadrados para porcentaje de destete de diferentes genotipos de vacas.

Raza de la vaca	Porcentaje de destete
H/H	58,4 ± 3,13b
A/A	62,1 ± 3,01b
H/A	83,1 ± 3,27a
A/H	86,8 ± 2,71a

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 ($P < 0.05$).

En los efectos raciales ($g_{iA} - g_{iH}$) estimados por ambos modelos no se observaron diferencias significativas para esta característica (Cuadro 9).

Cuadro 9. Estimación de diferencias de efectos aditivos (g^1_A) y no aditivos (heterosis individual, h^1_{HA}) para porcentaje de destete para la raza Aberdeen Angus, expresados en relación a Hereford.

	Probabilidad de destete (MLG)	Significancia	Porcentaje de destete (ML)	Significancia
g^l_A	0.08 ± 0.07	0.2495	$0,01 \pm 0,01$	0,2300
h^l_{HA}	1.32 ± 0.18	0.0001	$0,22 \pm 0,03$	0,0001

MLG = Modelo Linear Generalizado; ML = Modelo Linear

g^l_A = efectos aditivos directos de Angus en relación a Hereford;

h^l_{HA} = heterosis individual entre Angus y Hereford.

Por su parte la heterosis sí presentó significancia ($P < 0,0001$), confirmando lo observado en los valores fenotípicos del Cuadro 8.

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 (Cuadro 9), en tanto mediante el modelo lineal generalizado fue de 0,25. Ambas estimaciones del valor de la heterosis fueron próximas y semejantes a la heterosis observada en el experimento (medias fenotípicas) de vacas cruza (85.0 %) respecto a puras (60.3%) sin incluir los efectos fijos en el modelo, la cual alcanzó un valor de 24,7%. Cabe destacar que bajo los dos modelos utilizados, la heterosis presentó un efecto altamente significativo ($P < 0,0001$) 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: entre ellos la menor incidencia de pérdidas desde el parto hasta el momento del destete y mayores porcentajes de preñez han sido comprobados en nuestras condiciones (Medina *et al.*, 2010, Espasandin *et al.*, 2012). La literatura extranjera

revisada (Cundiff *et al.*, 1974, Spelbring *et al.*, 1977, Nelson *et al.*, 1982), atribuye los mayores índices de destete en los vientres cruzas 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.

Peso al destete

Para todos los grupos raciales los terneros machos pesaron en promedio 6,0 kg más que las hembras, en tanto que 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 (Cuadro 10).

Cuadro 10. Medias de mínimos cuadrados para PD (205 días) de diferentes grupos raciales.

Genotipo del ternero	Peso al destete (kg)
H/H	142,06 ± 2,66c
A/A	148,45 ± 2,73bc
H/A	155,40 ± 2,74ab
A/H	145,27 ± 2,71c
H/HA	161,27 ± 3,68a
H/AH	158,40 ± 3,40ab
A/HA	159,70 ± 3,50a
A/AH	159,73 ± 3,92a
HA/HA	163,69 ± 5,50ab
HA/AH	163,88 ± 5,49ab
AH/HA	149,08 ± 6,34abc
AH/AH	153,50 ± 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 ($P < 0.05$).

Las madres Hereford destetaron los terneros más livianos (promedio 143,3 kg), no diferenciándose los terneros nacidos de la cruce simple Angus-Hereford, los terneros Angus puros 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 cruce resulta en mayores habilidades maternas expresadas en producción de leche y comportamiento maternal (mayor vínculo madre-hijo) (Alencar, 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, Angus y Hereford primíparas, respectivamente, como promedio de toda la lactancia. Adicionalmente, el ternero cruce 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 (Espasandin *et al.*, 2001).

No se encontraron diferencias en los efectos aditivos directos entre ambas razas (Cuadro 11), 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 Hereford respecto de Angus en un intervalo de 4,4 a 9,2 kg. Al igual que lo mencionado anteriormente, la expresión del potencial de la raza Hereford en su efecto individual, será posible en ambientes menos restrictivos que los de nuestros sistemas de producción pastoril. Bajo nuestras condiciones, el ambiente para la expresión de esta característica lo constituye la producción de leche materna, la que es inferior en esta raza (Casal *et al.*, 2009).

Cuadro 11. Estimación de diferencias de efectos aditivos (g^I_A y g^M_A) y no aditivos (heterosis individual, h^I_{HA} y maternal, h^M_{HA}) en peso al destete para la raza Aberdeen Angus expresados en relación a Hereford.

	Peso al destete (kg)	Significancia
Angus	146,95 ± 2,34	
Hereford	142,06 ± 2,66	
g^I_A	-1,36±1,60	<0,3995
g^M_A	4,87±1,01	<0,0001
h^I_{HA}	5,12±1,24	<0,0001
h^M_{HA}	11,58±1,48	<0,0001

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.

En los efectos aditivos maternos la raza Angus, en este estudio, incrementó el peso al destete en casi 5 kg en relación a Hereford (Cuadro 11), lo cual concuerda con los resultados de Alenda *et al.* (1980) que estimaron un valor de 4,5 kg para este parámetro. Dillard *et al.* (1980), Melucci *et al.* (2011) y Koch *et al.* (1985) reportan diferencias mayores a favor de Angus de 9,8, 10,2 y 11,0 kg respectivamente, en tanto, Franke *et al.* (2001) y Cunningham y Magee. (1988) estimaron diferencias aún mayores, de 17,6 y 46,3 kg respectivamente, en el orden de las encontradas por Lema (2007), de 18,5 kg. En sentido contrario, Mac Neil *et al.* (1982) no obtuvieron diferencias en este parámetro 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 Angus, Hereford y cruza recíprocas de ambas razas observaron que la raza Angus 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 Hereford y las F1, respectivamente. A diferencia de lo encontrado por Gioia y Licha (2008), la raza Angus fue la mayor productora de leche, la raza Hereford presentó menores producciones y las vacas cruce se situaron en un nivel intermedio entre las razas puras.

La heterosis individual estimada para peso al destete fue 5,1 kg, lo que concuerda con los valores obtenidos por Rogberg (2005) de 5,5 kg y Lema (2007), el cual reportó un valor muy semejante de 5,3 kg. Los valores publicados en la literatura extranjera revisada son superiores, variando desde 6,7 kg Melucci *et al.* (2011), 6,9

kg (Dillard *et al.*, 1980, Koch *et al.*, 1985) hasta 26,3 kg Cunningham y Magee (1988). Gimeno *et al.* (2002) no obtuvieron diferencias en este parámetro.

La heterosis maternal para peso al destete fue de 11,6 kg. Estimaciones en ese orden obtuvieron Cunningham y Magee (1988), y Koch *et al.* (1985), con 11,8 y 12,8 kg respectivamente y Lema (2007) con 11,9 kg. Franke *et al.* (2001) reportaron un valor superior de 16,0 kg. En tanto Melucci *et al.* (2011) y Dillard *et al.* (1980) encontraron valores menores de 9,7 y 3,2 kg respectivamente, en tanto que Alenda *et al.* (1980) no encontraron heterosis significativa.

2.6 CONCLUSIONES

El cruzamiento entre las razas Angus y Hereford no generó incrementos significativos en el peso al nacer de los terneros. La raza Aberdeen Angus presentó pesos al nacimiento significativamente menores en relación a Hereford.

La utilización de hembras F1 mejoró el porcentaje de destete en 24,7 puntos respecto de las madres puras.

La utilización de cruzamientos aumentó los pesos al destete, mediante el uso de madres cruzas, al explotarse la heterosis individual y maternal. La raza Aberdeen Angus presentó mayores pesos al destete en relación a Hereford.

Los parámetros de cruzamientos estimados mostraron las ventajas que podría tener el uso de cruzamientos entre Hereford y Aberdeen Angus en nuestros sistemas de cría, desarrollados bajo condiciones de pastoreo en zonas templadas.

2.7 BIBLIOGRAFÍA

- Alencar MM. 1991. Comportamento de bezerros da raça Canchim e cruzados Canchim X Nelore durante amamentação. 9º Encontro Anual de Etologia. Florianópolis, SC. pp. 186.
- Alenda R, Martin TG, Lasley JF, Eilersieck MR. 1980. Estimation of genetic and maternal effects in crossbreed cattle of Angus, Charolais and Hereford parentage. *J. Anim. Sci.* vol (50): 226-234.
- Al-Saef AM, Khalil MH, Al-Homidan AH, Al-Dobaib SN, Al-Sobayil KA, García ML, Baselga M. 2008. Crossbreeding effects for litter and lactation traits in a Saudi project to develop new lines of rabbits suitable for hot climates. *Livestock Science* vol (118): 238–246.
- Arambarri F y 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 M.Vet. Facultad de Veterinaria. UDELAR. Montevideo, Uruguay. 78 p.
- Avendaño S y Gimeno D. 1996a. Eficiencia relativa de dos experimentos dialélicos entre las razas Hereford y Aberdeen Angus. Primer Congreso Uruguayo de Producción Animal. pp. 132-136.
- Avendaño S y Gimeno D. 1996b. Efecto de diferentes modelos genéticos en la optimización de un experimento dialélico entre las razas Hereford y Aberdeen Angus. Primer Congreso Uruguayo de Producción Animal. pp: 124-127.
- Carámbula M. 1978. Producción de pasturas. CIAAB. Miscelánea 18: 5-7.
- Casal A, Gutiérrez V, Graña A, Carriquiry M, Espasandin AC. 2009. Curvas de lactancia y composición de leche en vacas primíparas Hereford, Angus y sus respectivas cruza. 37 Jornadas Uruguayas de Buiatría. pp. 179.

- Cundiff LV, Gregory KE, Koch RM. 1974. Effects of heterosis on reproduction in Hereford, Angus and Shorthorn cattle. *J. Anim. Sci.* vol (38): 711-727.
- Cunningham EP y Magee WT 1988. Breed-direct, breed-maternal and nonadditive genetic effects for preweaning traits in crossbreed calves. *Canadian Journal of Animal Science* vol (68): 83-92.
- Dickerson GE. 1973. Inbreeding and heterosis in animals. *Proc. Animal Breeding and Genetics Symposium in Honor of Dr. J. L. Lush, ASAS/ADSA, Champaign, Ill.* pp.54-77.
- Dickerson GE 1969. Experimental approaches in utilizing breed resources. *Animal Breeding Abstracts* vol (37): 191-202.
- DIEA. Dirección de Investigaciones Económicas Agropecuarias. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Anuario 2011. pp: 27-39.
- DIEA. Dirección de Investigaciones Económicas Agropecuarias. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Encuesta de Preñez 2011. Agosto 2011. pp: 1-3.
- Dillard EU, Rodriguez O, Robison O. 1980. Estimation of additive and nonadditive direct and maternal genetic effects from crossbreeding beef cattle. *J. Anim. Sci.* vol (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. Serie Técnica INIA- FPTA 242 (en prensa).

- 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 vol (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. J. Anim. Sci. vol (50): 1731-1722.
- Gimeno D, Aguilar I, Franco J, Feed O. 2002. Rasgos productivos y reproductivos de hembras cruza. Cruzamientos en bovinos de carne. INIA. Serie actividades de difusión 295: 11-20.
- Gioia S y Licha F. 2008. Producción de leche en vacas Aberdeen Angus, Hereford y sus cruza. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 72 p.
- Jenkins T y Ferrel C. 1994. Productivity though weaning of nine breed of cattle under varying feed availabilities: I. Initial Evaluation. Journal of Animal Science vol (72): 2787-2797.
- Kinghorn BP. 1980. The expression of recombination loss in quantitative traits. Z. Tierzuchtg. Zuchtgsbiol. Vol (97): 138–143.
- Koch RM, Dickerson GE, Cundiff LV, Gregory KE. 1985. Heterosis retained in advanced generations of crosses among Angus and Hereford cattle. J. Anim. Sci. vol (60): 1117-1132.
- 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) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. pp: 99.

MacNeill MD, Dinkel CA, Van Vleck LD. 1982. Individual and maternal additive and heterotic effects on 205-day weight in beef cattle. *J. Anim. Sci.* vol (54): 951-956.

Madalena FE. 2001. Consideraciones sobre modelos para la predicción del desempeño de cruzamientos en bovinos. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* vol (9): 108-117.

Medina W, Ríos 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 Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía . 82 p.

Melucci LM, Uribe MJ, Moronta M y Colatto E. 2011. Cruzamientos en bovinos para carne en la región pampeana argentina. XXII Reunión Latinoamericana de Producción Animal. Montevideo. Uruguay.

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. *J. Anim. Sci.* vol (54): 1150-1159.

Rogberg M. 2005. Heterosis y desempeño en características de crecimiento en las razas Angus, Hereford y su cruce F1. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 39 p.

Rollins WC, Loy RG, Carroll FD, Wagon KA. 1969. Heterotic Effects in Reproduction and Growth to Weaning in Crosses of the Angus, Hereford and Shorthorn Breeds. *J. Anim. Sci.* vol (28): 431-436.

Rovira F, Frachia L. 2005. Investigación en Uruguay sobre la eficiencia reproductiva de los rodeos de cría: 1963-2005. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 83p.

SAS (2008) "SAS User's Guide: Statistics". SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA.

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. Seminario de actualización técnica en cría vacuna. INIA-T. Tres. Serie Técnica 174: 110-135.

Soca P y Orcasberro R. 1992. Propuesta de manejo del rodeo de cría en base a estado corporal, altura de pasto y aplicación de destete temporario. Jornada Evaluación Física y Económica de Alternativas Tecnológicas para la Cría en predios ganaderos. EEMAC. Facultad de Agronomía. Paysandú. Uruguay.

Sölkner J y Fucks W. 1994. ODCE. Optimum Design of Crossbreeding Experiments. Consultado 16 de Abril 2011. Disponible en: [www. Nas.boku.ac.at/1899.html](http://www.Nas.boku.ac.at/1899.html).

Sölkner J. 1991. The impact of different genetics models on the optimum design of crossbreeding experiments. An. Prod. vol (52) : 255-262.

Sölkner J y James JW 1990. Optimum design of crossbreeding experiments. A basic sequential procedure. J. of Anim Breed. Genetic. Vol(107):61-67.

Spelbring MC, Martin TG, Drewry KJ. 1977. Maternal Productivity of Crossbred Angus × Milking Shorthorn Cows. II. Cow Reproduction and Longevity. J. Anim. Sci.vol (45): 976-982.

3. DISCUSIÓN GENERAL Y CONCLUSIONES GLOBALES

La mayor diversificación productiva observada en el agro uruguayo en los últimos años, expresada en el aumento del precio y la renta de la tierra, así como en el crecimiento competitivo de la agricultura y la forestación, han llevado a la reducción del área destinada al sector criador, lo cual acentúa la necesidad de un aumento en la productividad del mismo. La mejora genética a través de cruzamientos entre razas puede aportar en la mejora de los indicadores que definen la eficiencia del sector.

A nivel nacional las razas maternas de mayor difusión son Hereford y Aberdeen Angus. Conocer las diferencias de origen aditivo y no aditivo que explican el comportamiento de las distintas características que afectan la eficiencia reproductiva, constituye un primer paso para luego diseñar estrategias que apunten a mejorar los indicadores obtenidos. En este capítulo se reflexiona sobre los resultados obtenidos en la estimación de parámetros genéticos de origen aditivo y no aditivo determinantes de los valores fenotípicos observados en las distintas etapas de la cría.

La condición corporal al parto (CCP) es una característica importante pues da una idea del estado nutricional de las vacas al momento del parto, determinando en buena medida la duración del anestro postparto, considerado la principal causa de los bajos procreos observados en los rodeos de nuestro país. La reserva corporal de energía

puede ser estimada a través de una escala de CC basada en la apreciación visual del animal y que en nuestro país presenta un rango de 1 (muy flaca) a 8 (muy gorda) unidades (Vizcarra et al., 1986). Existe una interacción entre la CCP y el nivel de consumo de energía posterior, sobre el largo del período de anestro: sobrepasada determinada CCP el consumo de energía posterior pierde importancia (Short *et al.*, 1990). Este umbral a partir del cual se verifica lo anterior fue establecido en nuestro país para una CCP de 4,0 en vacas multíparas y de 4,5 en primíparas (Soca y Orcasberro, 1992).

En este estudio, las diferencias raciales encontradas (menores a 0,5 puntos de CCP) no parecen ser importantes, si tenemos en cuenta que estudios realizados a nivel nacional con vacas de cría en pastoreo de campo natural y con estas mismas razas, mostraron que recién a partir del 0,5 puntos de diferencia en CCP se encontraron comportamientos diferentes a nivel fisiológico (Orcasberro *et al.*, 1992).

El peso al nacimiento es una característica de gran importancia para la producción bovina, dado que está relacionado a la facilidad de parto, especialmente en vaquillonas de primer entore. En el peso al nacimiento interviene el componente individual del ternero y el componente maternal de la vaca. Es importante controlar que la combinación de efectos individuales y maternos no determinen altos pesos al nacer, lo cual acarrearía eventualmente mayores dificultades al parto. Los resultados sugieren la ventaja que podría tener la utilización de la raza Aberdeen Angus, teniendo en cuenta la reducción que provoca de 1,18 kg en el peso al nacimiento, en relación a Hereford. También queda claro que la combinación de ambas razas no generaría problemas de aumentos de peso, ya que la heterosis individual estimada no fue significativa.

En nuestro país, es importante mejorar el porcentaje de destete en virtud de los bajos valores que se obtienen, siendo esta característica un componente importante en determinar la eficiencia de la cría. El porcentaje de destete junto con el peso logrado en los terneros, genera el indicador “kilogramos de ternero destetado por vaca

entorada”, el cual refleja la eficiencia global del rodeo de cría. En esta característica los resultados mostraron la ventaja de utilizar madres cruzas, las cuales superaron en 24,7 puntos al promedio de las vacas puras. Dentro de las puras se observó tendencia a mejor comportamiento de la raza Angus.

De acuerdo a MacNeill *et al.* (1982), 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 la relativamente baja selección diferencial, determinan un proceso lento en el mejoramiento de altos pesos al destete. Según estos autores la opción más viable sería aprovechar las diferencias raciales (individuales y maternas) y la heterosis para aumentar el peso al destete.

Teniendo en cuenta que el ternero destetado es el producto principal de los rodeos de cría, el peso al destete es una característica de suma importancia al momento de la comercialización. Los resultados de este trabajo mostraron las ventajas que podría tener el uso de cruzamientos entre Hereford y Aberdeen Angus en nuestros sistemas de cría; observándose que la mejor combinación de efectos aditivos y no aditivos se logró con la utilización de hembras híbridas, las cuales destetaron en promedio, terneros 15,8 y 7,5 kg más pesados que los hijos de madres puras (Hereford y Angus respectivamente), diferencia seguramente explicada por los beneficios derivados de la heterosis individual y maternal, ambas significativas en este estudio.

Frente a los resultados expuestos, una interrogante que se puede plantear es que ocurre con la eficiencia global de todo el sistema, si lo referimos al aumento de productividad por unidad de superficie. La vaca cruce de mayor peso adulto, desteta más kilogramos de ternero pero comería más y por lo tanto la carga/ha no debiera ser igual. En este sentido Gimeno (1992), plantea que las vacas cruzas británicas con respecto a las vacas puras, no difieren demasiado en tamaño, como para incrementar en términos importantes los requerimientos de mantenimiento. Según este autor, trabajos australianos que midieron diferencias en consumo entre vacas puras y cruzas, encontraron que el consumo de éstas últimas era ligeramente superior al de

las vacas puras, pero estas diferencias no fueron tan grandes como para contrarrestar los beneficios de productividad que generaba la utilización de hembras híbridas.

En la última década la investigación nacional ha trabajado para resolver los desafíos planteados a la cría en el marco del nuevo escenario planteado líneas arriba. En experimentos desarrollados en vacas de cría con condiciones corporales promedio bastante similares a las de este trabajo, se han explorado y validado distintas tecnologías como ser: destete precoz en vacas de primera cría (Lacuesta *et al.*, 2001), destete a corral durante 14 días (Quintans *et al.*, 2008), aplicaciones de destete temporario y suplementaciones energéticas de corta duración (Do Carmo *et al.*, 2006), mejora nutricional posparto junto a un destete temporario (Jiménez de Aréchaga *et al.*, 2008) etc., demostrando que es posible alcanzar niveles crecientes de tasas de preñez y destete, existiendo opciones claras de mejora para superar los niveles históricos de 60 y 65% de procreo. En este contexto de búsqueda de superación en la eficiencia reproductiva en nuestros sistemas criadores, este trabajo ha demostrado que combinando recursos genéticos bastante próximos (origen británico), se logran aumentos importantes en características reproductivas, de menor heredabilidad, permitiendo aumentos importantes en las tasas de destete y pesos logrados en los terneros, lo cual agregaría a los avances posibles de lograr con la aplicación de las herramientas de mejora ambiental mencionadas.

4. BIBLIOGRAFÍA

Alencar MM. 1991. Comportamento de bezerros da raça Canchim e cruzados Canchim X Nelore durante amamentação. 9º Encontro Anual de Etologia. Florianópolis, SC. 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* vol (50): 226-234.

Al-Saef AM, Khalil MH, Al-Homidan AH, Al-Dobaib SN, Al-Sobayil KA, García ML, Baselga M. 2008. Crossbreeding effects for litter and lactation traits in a Saudi project to develop new lines of rabbits suitable for hot climates. *Livestock Science* vol (118): 238–246.

Arambarri F y 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, Uruguay. Facultad de Veterinaria 78 p.

Arango A, Cundiff LV, Van Vleck LD. 2002a. Genetic parameters for weight, weight adjusted for body condition score, height, and body condition score in beef cows. *J. Anim. Sci.* vol (80): 3112-3122.

- Arango A, Cundiff LV, Van Vleck LD. 2002b. Breed comparisons of Angus, Brahman, Hereford, Pinzgauer, Sahiwal, and Tarentaise for weight, weight adjusted for condition score, height, and body condition score. *J. Anim. Sci.* vol (80): 3142-3149.
- Avendaño S y Gimeno D. 1996a. Eficiencia relativa de dos experimentos dialélicos entre las razas Hereford y Aberdeen Angus. Primer Congreso Uruguayo de Producción Animal. pp: 132-136.
- Avendaño S y Gimeno D. 1996b. Efecto de diferentes modelos genéticos en la optimización de un experimento dialélico entre las razas Hereford y Aberdeen Angus. Primer Congreso Uruguayo de Producción Animal. pp: 124-127.
- Bailey CM. 1981. Calf survival and preweaning growth in divergent beef breeds and crosses. *J. Anim. Sci.* vol (52): 1244-1252.
- Baker RL. 1980. The place of crossbreeding in beef cattle improvement. In: World Congress on Sheep and Beef Cattle Breeding. (3th). Proceeding New Zealand. 2: pp.194-208.
- Barlow R. 1981. Experimental evidence for interaction between heterosis and environment in animals. *Animal Breeding. Abstract* 49: 715-737.
- Bartle SJ, Males JR, Preston RL. 1984. Effect of energy intake on the postpartum interval in beef cows and the adequacy of the cows milk production for calf growth. *J. Anim. Sci.* vol (58): 1068-1074.
- Blood DC y Radostitis OM. 1992. *Medicina Veterinaria.* vol (I): 627-632.
- Carámbula M. 1978. Producción de pasturas. *CIAAB. Miscelánea* 18: 5-7.

- Cardellino R y Rovira J. 1987. Mejoramiento genético animal. Editorial Hemisferio Sur. pp: 196.
- Carriquiry M, Weber WJ, Dahlen CR, Lamb GC, Baumgard LH, Crooker BA. 2009. Production response of multiparous Holstein cows treated with bovine somatotropin and fed diets enriched with n-3 or n-6 fatty acids. *Journal of Dairy Science* vol (92): 4852-4864.
- Cartwright TC. 1970. Selection criteria for Beef Cattle for the future. *J. Anim. Sci.* vol (30): 706-711.
- Casal A, Gutiérrez V, Graña A, Carriquiry M, Espasandin AC. 2009. Curvas de lactancia y composición de leche en vacas primíparas Hereford, Angus y sus respectivas cruizas. *37 Jornadas Uruguayas de Buiatria*. pp. 179.
- Cundiff LV, Koch RM, Gregory KE, Crouse JD, Dikeman ME. 1993. Cycle V of the Germplasm Evaluation Program in beef cattle (GPE). *Beef Research Progress Report N° 4*. R.L. Hruska U.S. Meat Animal Research Center. ARS 71 Department of Agriculture, Agricultural Research Service. pp. 57-60.
- Cundiff LV, MacNeill MD, Gregory KE, Koch RM. 1986. Between and within breed genetic analysis of calving traits and survival to weaning in beef cattle. *J. Anim. Sci.* vol (63): 27-33.
- Cundiff LV, Koch RM, Laster DB, Smith GM. 1978. Heterosis and breed maternal and transmitted effects in beef cattle. I. Prewaning traits. *J. Anim. Sci.* vol (47): 1031-1041.
- Cundiff LV, Gregory KE, Koch RM. 1974. Effects of heterosis on reproduction in Hereford, Angus and Shorthorn cattle. *J. Anim. Sci.* vol (38): 711-727.

- Cundiff LV. 1970. Experimental results on crossbreeding cattle for beef production. *J. Anim. Sci.* vol (30): pp. 694.
- Cunningham EP y Magee WT 1988. Breed-direct, breed-maternal and nonadditive genetic effects for preweaning traits in crossbreed calves. *Canadian J. Anim. Sci.* vol (68): 83-92.
- Cunningham EP. 1987. Crossbreeding - The Greek Temple Model. *J. Anim. Breed. Genet.* vol (104): 2-11.
- Davis M E, Rutledges JJ, Cundiff LV, Hausers ER. 1983. Life cycle efficiency of beef production: I. cow efficiency ratios for progeny weaned. *J. Anim. Sci.* vol (57): 852-866.
- Dickerson GE. 1990. Componentes de eficiencia en la producción de carne y leche. Conferencia internacional sobre sistemas y estrategias de mejoramiento bovino en el trópico. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp: 15-38.
- Dickerson GE. 1973. Inbreeding and heterosis in animals. *Proc. Animal Breeding and Genetics Symposium in Honor of Dr. J. L. Lush, ASAS/ADSA, Champaign, Ill.* pp.54-77.
- Dickerson GE 1969. Experimental approaches in utilizing breed resources. *Animal Breeding Abstracts* vol (37): 191-202.
- DIEA. Dirección de Investigaciones Económicas Agropecuarias. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Anuario 2011. pp: 27-39.

- DIEA. Dirección de Investigaciones Económicas Agropecuarias. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Encuesta de Preñez 2011. Agosto 2011. pp: 1-3.
- Dillard EU, Rodriguez O, Robison O. 1980. Estimation of additive and nonadditive direct and maternal genetic effects from crossbreeding beef cattle. *J. Anim. Sci.* vol (50): 653–663.
- Do Carmo M, 2006. Efecto del destete temporario y suplementación energética de corta duración sobre el comportamiento reproductivo y productivo de vacas de cría primíparas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Facultad de Agronomía, Uruguay. 62 p.
- Dunn TG y Kaltenbach CC. 1980. Nutrition and postpartum interval of the ewe, sow and cow. *J. Anim. Sci.* vol (51): 29-39.
- Eisen EJ. 1989. Genetic models to predict crossbred performance: a review. *Proc. International. Symposium on the Utilization of Animal. Genetic Resources in Latin-America, Revista Brasileira da Genetica.* 12(3). Supl.13: 13-26.
- Elzo MA, Olson TA, Butts J, Koger M, Adams EL. 1990. Direct and maternal genetics effects due to the introduction of bos Taurus alleles into Brahaman cattle in Florida: II Preweaning growth traits. *J. Anim. Sci.* vol (68): 324-329.
- Ellis WW, Eilersieck MR, Langford L, Sibbit B, Lasley JF. 1979. Effects of Mating Systems on Weaning Traits in Beef Cattle. *J. Anim. Sci.* vol (48): 7-12.
- 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. Serie Técnica INIA- FPTA 242 (en prensa).

- 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. 34 Jornadas Uruguayas de Buiatría. Centro Médico Veterinario, Paysandú, Uruguay. 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 vol (30): 702-708.
- Ferrell CL. 1993. Maternal and fetal genotype influences on fetal growth. A compilation of research results involving tropically adapted beef cattle breeds. Southern Cooperative Series Bulletin 405: 89-95.
- 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. J. Anim. Sci. vol (50): 1731-1722.
- Fries LA, Hernshaw HD, Johnstone J, Grasser HU. 2000. Evidence of epistatic effects on weaning weights in *Bos indicus* and *Bos Taurus* crosses in subtropical environments. Asian-Aus. J. Anim. Sci. 13B:198.
- Gaines JA, Hill C, McClure WH, Carter RC, Butts WT. 1978. Heterosis from Crosses among British Breeds of Cattle: Straightbred *versus* Crossbred Cows. J. Anim. Sci. vol (47): 1246-1253.
- Gimeno D, Aguilar I, Franco J, Feed O. 2002. Rasgos productivos y reproductivos de hembras cruza. Cruzamientos en bovinos de carne. INIA. Serie actividades de difusión 295: 11-20.

- Gimeno D, Avendaño S, Severino R. 1995. Elección de un diseño óptimo de cruzamientos en un experimento con cuatro razas bovinas. Memorias XIV Reunión Latinoamericana de Producción Animal. Revista Argentina de Producción Animal. vol (15): 914-918.
- Gimeno D. 1992. Cruzamientos una alternativa para el cambio. CADYL-Facultad de Agronomía. pp: 32-37.
- Gimeno D. 1991. Aspectos teóricos de la utilización de cruzamientos. INIA. Uruguay. Serie técnica 12: 24-25.
- Gioia S y Licha F. 2008. Producción de leche en vacas Aberdeen Angus, Hereford y sus cruas. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay. Facultad de Agronomía. 72 p.
- González G. 1991. Cruzamientos en ganado de carne. Pasturas y Producción Animal en Areas de Ganadería Extensiva. INIA. Uruguay. Serie técnica 13: 179-194.
- Gregory KE, Cundiff LV, Koch RM, Lunstra DD. 1993. Differences among parental breeds in germplasm utilization project. Beef Research Progress Report N° 4. R.L. Hruska U.S. Meat Animal Research Center. ARS 71 Department of Agriculture, Agricultural Research Service, USDA, USA, p. 177.
- Griffing B. 1960. Theoretical consequences of truncation selection based on the individual phenotype. Australian J. Biol. Sci. vol (3):307.
- Hill WG. 1982. Dominance and epistasis as components of heterosis. Z. Tierz. Zuchtungsbiol. Vol (99):161.

- Hohenboken WD, Seifert GW, Aspden WJ. 1987. Genetic and environmental influences on offspring sex ratio and neonatal survival in *Bos indicus* x *Bos taurus* cattle. *J. Anim. Breed. Genetic*: 104-309.
- Holland MD y Odde KG. 1992. Factors affecting calf birth weight. A review. *Theriogenology* vol (38): 769-798.
- Jiménez de Aréchaga C, Pittaluga O, Quintans G. 2008. Impacto de la mejora nutricional posparto junto a un destete temporario sobre la tasa de preñez en vacas Braford primíparas. Seminario de actualización técnica en cría vacuna. INIA-T. Tres. Serie Técnica 174: 147-153.
- Kinghorn BP y Vercoe PE. 1989. The effect of using the wrong genetic model to predict the merit of crossbred genotypes. *Animal Production* vol (49): 209–216.
- Kinghorn BP. 1983. Genetic effects in crossbreeding. III. Epistatic loss in crossbred mice. *Z. Tierz. Zuchtungsbiol.* pp.100:209.
- Kinghorn BP. 1980. The expression of recombination loss in quantitative traits. *Z. Tierzuchtg. Zuchtgsbiol.* Vol (97): 138–143.
- Klawuhn D y Staufenbiel 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. *Dtsch Tierarztl Wochenschr* 105 (2): 54-7.
- Koch RM, Dickerson GE, Cundiff LV, Gregory KE. 1989. Beef cattle resource utilization. *Proceeding. International. Symposium on the Utilization of Animal. Genetic Resources in Latin-America Revista Brasileira Genetica* 12 (3. Sup): 55-80.

- Koch RM, Dickerson GE, Cundiff LV, Gregory KE. 1985. Heterosis retained in advanced generations of crosses among Angus and Hereford cattle. *J. Anim. Sci.* vol (60): 1117-1132.
- Komender P, Hoeschele I. 1989. Use of mixed-model methodology to improve estimation of crossbreeding parameters. *Liv. Prod. Sci.* vol (21):101.
- Komender P. 1988. Crossbreeding in farm animals. III. A general method of comparing models to estimate crossbreeding parameters with an application to diallel crossbreeding experiments. *J. Anim. Breed.* vol (105): 362-371.
- Lacuesta P y Vázquez AI. 2001. Efecto del Destete precoz y la condición corporal al parto sobre la performance reproductiva en vacas primíparas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía . 157 p.
- Lamb MA, Tess MW, Robison OW. 1992. Evaluation of mating systems involving five breeds for integrated beef production systems: Cow-calf segment. *J. Anim. Sci.* vol (70): 689-699.
- Lema OM. 2007. Efeitos aditivos e não aditivos entre cruzas Hereford, Aberdeen Angus, Salers e Nelore em características pré desmame. Dissertação (Mestrado em Melhoramento animal) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. pp: 99.
- Long CR. 1980. Crossbreeding for beef productions: experimental results. *J. Anim. Sci.* vol (51): 1197.
- Long CR, Gregory KE. 1974. Heterosis and breed effects in preweaning traits of Angus, Hereford and reciprocal cross calves. *J. Anim. Sci.* vol (39): 11-17.

- MacNeill M D, Dinkel C A, Van Vleck L D. 1982. Individual and maternal additive and heterotic effects on 205-day weight in beef cattle. *J. Anim. Sci.* vol (54): 951-956.
- Madalena FE. 2001. Consideraciones sobre modelos para la predicción del desempeño de cruzamientos en bovinos. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* vol (9): 108-117.
- Madalena FE. 1989. Cattle breed resource utilization for dairy production in Brazil. *Revista Brasileira da Genetica* vol (12) 3 Supl 183.
- Marshall DA, Parker WR, Dinkel CA. 1976. Factors affecting efficiency to weaning in Angus, Charolais and reciprocal cross cows. *J. Anim. Sci.* vol (43): 1176-1187.
- Medina W, Ríos I, Rubial L. 2010. Evolución de indicadores y pérdidas reproductivas en los rodeos de cría de las Estaciones Experimentales EEMAC y EEBR de la Facultad de Agronomía. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 82 p.
- Melucci LM, Uribe MJ, Moronta M y Colatto E. 2011. Cruzamientos en bovinos para carne en la región pampeana argentina. XXII Reunión Latinoamericana de Producción Animal. Montevideo. Uruguay.
- Montes E. 2011. Proyección de las existencias vacunas al 30 de Junio de 2011. *Revista Plan Agropecuario*, nº 138: 24-25.
- 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. *J. Anim. Sci.* vol (54): 1150-1159.

- Orcasberro R, Soca P, Beretta V, Trujillo AI. 1992. Estado corporal de vacas Hereford y comportamiento reproductivo. Jornada de Producción Animal. Paysandú. EEMAC. pp. 32-36.
- Quintans G, Jiménez de Aréchaga C, Velazco JI, Vázquez AI. 2008. Evaluación del destete a corral por 14 días sobre El desempeño Reproductivo en vacas de carne primíparas y multíparas y el crecimiento de sus terneros. Seminario de actualización técnica en cría vacuna. INIA-T. Tres. Serie Técnica 174: 153-165.
- Quintero JC, Triana JG, Quijano JH, Arboleda E. 2007. Influence of maternal effect in estimating genetic parameters for weaning weight in a beef cattle herd. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias vol (20):117-123.
- Randel RD. 1990. Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. Journal of Animal Science vol (68): 853-862.
- Roberson RL, Sanders JO, Cartwright TC. 1986. Direct and maternal genetics effects on preweaning characters of Brahman, Hereford and Brahman-Hereford crossbred cattle. J. Anim. Sci. vol (63): 438-446.
- Robison OW, Macdaniel BT, Rincon EJ. 1981. Estimation of direct and maternal additive and heterotic effects from crossbreeding experiments in animals. J. Anim. Sci. vol (52): 44-50.
- Rogberg M. 2005. Heterosis y desempeño en características de crecimiento en las razas Angus, Hereford y su cruce F1. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 39 p.

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. *J. Anim. Sci.* vol (28): 431-436.

Rovira F, Frachia L. 2005. Investigación en Uruguay sobre la eficiencia reproductiva de los rodeos de cría: 1963-2005. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 83p.

SAS (2008) "SAS User's Guide: Statistics". SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA.

Schröder UJ y Staufenbiel R. 2006. Methods to determine body fat reserves in the dairy cow with special regard to ultrasonographic measurement of backfat thickness. *J. Dairy Sci.* vol (89): 1-14.

Short RE, Bellows RA, Staigmiller RB, Beradinelli JG, Custer EE. 1990. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *J. Anim. Sci.* vol (68): 799-816.

Simeone A y Beretta V. 2003. Destete precoz en ganado de carne. Montevideo, Facultad de Agronomía. Hemisferio Sur. 113 p.

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. Seminario de actualización técnica en cría vacuna. INIA-T. Tres. Serie Técnica 174: 110-135.

Soca P. 2005. Estudio de la mejora en la eficiencia bioeconómica de la cría vacuna mediante la combinación de diferentes recursos genéticos y ofertas de forraje en

pastoreo de campo natural. Fondo de Promocion de Tecnologia Agropecuaria. FPTA-242. pp: 5.

Soca P. 2001. Propuesta de manejo del rodeo de cría de la Facultad de Agronomía. Resultados de Investigación y Avances en validación y difusión de información. Seminario “Factores que afectan la reproducción de rodeos bovinos”. Agencia japonesa de Cooperación Internacional. DILAVE “Miguel C. Rubino”. Centro Médico Veterinario. Paysandú. Uruguay.

Soca P y Orcasberro R. 1992. Propuesta de manejo del rodeo de cría en base a estado corporal, altura de pasto y aplicación de destete temporario. Jornada Evaluación Física y Económica de Alternativas Tecnológicas para la Cría en predios ganaderos. EEMAC. Facultad de Agronomía. Paysandú. Uruguay. pp. 9-13.

Sölkner J y Fucks W. 1994. ODCE. Optimum Design of Crossbreeding Experiments. Consultado 16 de Abril 2011. Disponible en: [www. Nas.boku.ac.at/1899.html](http://www.Nas.boku.ac.at/1899.html).

Sölkner J. 1991. The impact of different genetics models on the optimum design of crossbreeding experiments. An. Prod. vol (52) : 255-262.

Sölkner J y James J W. 1990. Optimum design of crossbreeding experiments. A basic sequential procedure. J. of Anim Breed. Genetic. Vol(107):61-67.

Spelbring MC, Martin TG, Drewry KJ. 1977. Maternal Productivity of Crossbred Angus × Milking Shorthorn Cows. II. Cow Reproduction and Longevity. J. Anim. Sci. vol (45): 976-982.

Sundstrom B, Barlow R, Arthur PF. 1994. Application of crossbreeding to beef production opportunities, obstacles and challenges. 5° World Congress on Genetics Applied to Livestock Production vol (7): 280-287.

Vizcarra JA, Ibañez W, Orcasberro R. 1986. Repetibilidad y reproductibilidad de dos escalas para estimar la condición corporal en vacas Hereford. Investigaciones Agronómicas vol (7): 45-47.

Willham RL. 1970. Genetic consequences of crossbreeding. J. Anim. Sci. vol (30): 690-693.

Wright IA, Rhind SM, Whyte TK, Smith AJ. 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. An. Prod. vol (55): 41-46.