

1.2. SELECCIÓN Y REPRODUCCIÓN EN BOVINOS DE CARNE

Jorge I. Urioste¹

Resumen

Los caracteres reproductivos en vacunos para carne son económicamente importantes, pero el uso de información reproductiva como herramienta de selección presenta dificultades, especialmente bajo condiciones pastoriles extensivas. Se revisa la literatura internacional sobre características de fertilidad posibles de ser incorporadas a procedimientos estándar de selección. A nivel nacional, siete modelos genéticos fueron desarrollados para interpretar la variabilidad presente en las características día de parto (DP) y/o Éxito al parto (EP). Registros de parto de 2032 o 3442 vacas Aberdeen Angus fueron usados para estimar parámetros genéticos. Las heredabilidades variaron entre 0.19 y 0.31 para DP y 0.27 a 0.43 para EP, dependiendo de los modelos. Las correlaciones genéticas para DP fueron altamente positivas (0.82-0.88) entre diferentes partos. Las correlaciones genéticas entre EP medidos en diferentes partos, pueden ser asumidas como positivas, de medias a altas (0.56-0.80), a pesar de algunas inconsistencias en los análisis. Correlaciones genéticas negativas (genéticamente favorables) y de medias a altas (-0.54 a -0.91) fueron encontradas entre DP y EP, sugiriendo que DP podría ser usado como característica indicativa del carácter económicamente importante EP. Un modelo univariado de repetibilidad para DP, con una penalización para vacas no paridas es sugerido como un modelo útil para la implementación práctica de evaluaciones genéticas. El registro de los datos debe mejorar en calidad para futuras aplicaciones de evaluaciones genéticas para características de fertilidad. Los trabajos desarrollados demuestran la factibilidad de encarar procesos selectivos para la mejora genética de rasgos reproductivos en bovinos de carne.

Introducción

La eficiencia reproductiva del ganado vacuno de cría es baja en Uruguay: cifras aportadas por el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca muestran una gran variación en tasas de destete según año de parto, en un rango que va desde el 50 al 75% en el periodo 1981-2002 (MGAP-DIEA, 2003). Las variables reproductivas están fuertemente influenciadas por el manejo y la nutrición, pero también existe una base genética.

En las últimas décadas, el mejoramiento genético de las razas de vacunos de carne ha estado centrado en características de crecimiento. Sin embargo, altas tasas reproductivas en un rodeo vacuno están directamente relacionadas con la rentabilidad de la producción de carne. Los caracteres reproductivos han mostrado ser las características económicamente más importantes en muchos sistemas de producción (Newman et al., 1992; MacNeil et al., 1994; Urioste et al., 1998; Phocas et al., 1998).

¿Se puede seleccionar por fertilidad? En principio, para que una característica sea útil en un esquema de evaluación genética nacional, debe ser heredable y poco costosa de medir y registrar. Normalmente se cree que las características reproductivas tienen baja heredabilidad, y por esa razón son difíciles de mejorar a través de la selección dentro de raza (recordemos: la heredabilidad expresa cuánto de la superioridad o inferioridad observada en los padres en una determinada característica es dable ser expresada en la siguiente generación). Sin embargo, estudios nacionales y extranjeros sugieren que la heredabilidad puede ser mayor de lo que se creía para algunas características

¹Prof., Ing. Agr., PhD. Catedrático de Mejoramiento Genético Animal. Facultad de Agronomía Universidad de la República.

reproductivas. Por lo tanto, rasgos de fertilidad en vacunos de carne que fueran fácilmente medibles en la mayoría de las situaciones serían muy apropiados para ser incluidas en los sistemas nacionales de evaluación de vacunos de carne.

En la última década, los genetistas australianos (Johnston y Bunter, 1996; Graser et al., 2005) han aplicado con éxito modelos relativamente simples para la característica "Días hasta el parto". Esta característica está definida como el número de días entre la entrada del toro al servicio y la fecha de parto. Esto quiere decir que a mayor número de días, peor es la habilidad reproductiva de la hembra, pues demora en quedar preñada. Los criadores y técnicos australianos han desarrollado un sistema de registro adecuado a su medición, y en principio sólo se usa en casos de monta natural. Cuando una vaca queda vacía se la penaliza con un número extra de días (21 días más allá de la fecha de parto de la última vaca que parió dentro de la época de parición). Como las vacas tienen varios partos durante su vida, el seguimiento de la historia reproductiva de la hembra ayuda a tener mayor precisión en la estimación de su capacidad genética para reproducirse.

En Uruguay, el Programa de Evaluación Genética de la raza Aberdeen Angus está permanentemente en desarrollo. Medidas de mérito genético (Desvíos Esperados en la Progenie) para características de crecimiento y carcasa son calculados de modo rutinario, pero todavía no existen medidas similares para la habilidad reproductiva de las hembras. En comparación con la situación australiana, la base de datos de Aberdeen Angus es un poco más problemática, pues fue creada inicialmente para hacer el seguimiento de los productos, pero no de sus madres. Por el momento, la información reproductiva de las vacas solo puede ser obtenida a través de los registros de nacimiento de sus hijos, pues la información sobre su comportamiento reproductivo no se registra específicamente. La situación es similar en

otros países de ganadería semi-extensiva, tales como Sudáfrica o Argentina.

La principal debilidad detectada es que la vaca vacía no queda registrada en el sistema. Sin embargo, podemos hacer un seguimiento indirecto (si bien de menor calidad), definiendo la permanencia de la vaca como el tiempo entre el primero y el último parto registrado en la base de datos, y asumiendo que quedó vacía cuando un nacimiento dentro de ese periodo no es reportado. En ese sentido, el enfoque tradicional de considerar la fecha de nacimiento del ternero (el "producto") se transforma en la "fecha de parto" de la vaca (ahora el dato está mirado desde el lado de la hembra).

La obtención de mejoras en la información es particularmente importante en países como el nuestro donde los datos son escasos y costosos de obtener. La baja a media intensividad de los sistemas de manejo locales impone una restricción sobre el número de características que se pueden medir, así como la frecuencia con la cual pueden ser medidos. Características que son fácilmente medibles en la mayoría de las situaciones y a bajo costo serían apropiadas para su uso en condiciones nacionales. Adicionalmente, en situaciones donde la base de datos es pequeña, la recuperación de información perdida a través de supuestos razonables es vital para una evaluación genética.

Existe entonces la necesidad de una mayor caracterización de caracteres reproductivos que cumplan con estos requisitos. El objetivo de este trabajo es a) presentar un marco conceptual general sobre las posibilidades de selección en rasgos reproductivos en bovinos de carne; b) Análisis, en la población Aberdeen Angus bajo control, de día de parto (DP) y éxito al parto (EP) como características biológicas posibles de ser incluidas en programas de mejoramiento genético de ganado de carne bajo sistemas extensivos o semi-extensivos como los existentes en Uruguay.

Oportunidades de selección en rasgos reproductivos

El comportamiento reproductivo en vacunos de carne es un carácter complejo, con muchos subcomponentes, los cuales pueden ser separados en diferentes grupos relativamente fáciles de medir y con heredabilidades más altas que una medida general de eficiencia reproductiva. Varios de estos componentes de habilidad reproductiva han sido estudiados por diversos investigadores (Bourdon y Brinks, 1983; Azzam y Nielsen, 1987; Buddenberg et al., 1990; López de Torre y Brinks, 1990; Meyer et al., 1990; Ponzoni, 1992; MacGregor, 1995; MacGregor y Casey, 1999; Gutiérrez et al., 2002), pero todavía no ha aparecido una medida totalmente satisfactoria para mejorar genéticamente la habilidad reproductiva de la vaca.

Rust y Groeneveld (2001) han resumido y discutido ventajas y desventajas de diferentes componentes, tales como tiempo al primer celo, número de servicios por concepción, tasa de preñez, largo de gestación, edad al primer parto, días al parto, fecha de parto e intervalo interparto. Algunos ejemplos de dificultades con las diferentes variables se enumeran a continuación.

Días al primer celo: es difícil de medir en condiciones de campo, implica la observación detallada de todo el rodeo de una manera regular.

Número de servicios por concepción: requiere el registro de cada servicio, raramente posible en condiciones de monta natural.

Tasa de preñez: es un carácter binario, y requiere detección de preñez en todo el rodeo.

Largo de gestación: requiere observación y registro del servicio y el parto, tiene poca variación genética.

Edad al primer parto: refleja mayoritariamente decisiones de manejo, que pueden confundirse con distinto mérito genético. Adicionalmente, solo representa un compo-

nente inicial en la vida reproductiva de la vaca.

Intervalo interparto: sólo existente para vacas con 2º parto y más; es sólo útil en estaciones de parto no restringidas.

Si el apareamiento se produce en el marco de un sistema de registro limitado, a menudo la única información disponible es si la vaca ha producido un ternero, y su fecha de parto. Si la estación de servicio es restringida, la fecha de parto también es indicativa de la habilidad para una temprana concepción en el periodo de servicio (Meyer et al., 1990; Rege y Famula, 1993).

El intervalo interparto ha sido una medida predominante de comportamiento reproductivo, particularmente en vacunos para leche. El ganado para carne, sin embargo, no es apareado todo el año sino en estaciones restringidas de servicio. Se espera que aquellas vacas con los intervalos interparto más cortos sean más fértiles y reproductivamente más eficientes. Sin embargo, Bourdon y Brinks (1983) han argumentado que esta característica ofrece una medida sesgada de habilidad reproductiva cuando las vacas son servidas durante un tiempo restringido. Esto es debido a su asociación negativa con la fecha previa de parto: vacas con un parto temprano tienen los intervalos interparto siguientes más largos. Selección a favor de intervalos interparto más cortos podría resultar en una selección indirecta para edad más tardía a la pubertad, pues vacas con los intervalos interparto más cortos son a menudo aquellas cuyos terneros nacieron más tarde en la estación de cría.

Las características reproductivas en ganado de carne son difíciles de medir, reportar e interpretar, y los procedimientos para estimar el mérito genético de estas características no son sencillos. La expresión del mérito genético en reproducción está a menudo constreñida por el manejo y la nutrición, así como un desarrollo inadecuado de los sistemas de registros, todo lo cual hace

que la estimación de valores genético-aditivos sea una tarea difícil. Esto es particularmente cierto en situaciones pastoriles, donde la información sobre las vacas de cría es extremadamente limitada. La mayor parte de los animales se reproducirán cuando las condiciones se encuentren en condiciones próximas a las óptimas, pero en condiciones menos favorables, solo aquellos con alto mérito para su adaptación reproductiva podrán perpetuarse (Morris, 1980).

Las posibilidades de usar información reproductiva como herramienta de selección en programas de mejoramiento genético para vacunos de carne son entonces limitadas. Por un lado, es aceptado que las heredabilidades para caracteres reproductivos son bajas. A pesar de ello, el resumen de Koots et al., (1994) sugiere que podrían ser mayores que en ganado lechero. Además, los sistemas de registro reproductivo pueden ser afectados por la estructura de edades y el manejo del rodeo.

Información sobre algunas de las características indicadoras de fertilidad, tales como intervalo interparto o edad al primer parto es obtenida en el marco de sistemas de registro en producción de carne. Sin embargo, un número importante de investigadores (Bourdon y Brinks, 1983; Azzam y Nielsen, 1987; Meacham y Notter, 1987; Buddenberg et al., 1990; López de Torre y Brinks, 1990; García Paloma et al., 1992) han sugerido el uso de fecha de parto como una medida reproductiva más adecuada, especialmente cuando se practica el apareamiento restringido. Bourdon y Brinks (1983) definieron "fecha de parto" como el número de días (a partir de una fecha arbitraria) en el cual la vaca tuvo el parto dentro de la estación de parto correspondiente.

La fecha de parto es fácilmente registrable, y es económicamente importante porque terneros más pesados al destete están normalmente asociados con fechas tempranas de parto. Adicionalmente, puede ser sistemáticamente observada en las vacas

paridas y luego reportada cuando los terneros son registrados. Conceptualmente, es equivalente a la característica "días al parto" (Meyer et al., 1990; Johnston y Bunter, 1996) o al término "día de parto" utilizado por Ponzoni (1992).

Día de parto obvia la necesidad de registrar el primer día de servicio, pues se numera a partir del primer parto ocurrido, dentro del mismo rodeo y año. Esto es especialmente útil en sistemas extensivos o semi-extensivos como los existentes en Uruguay, mayormente basados en pasturas. Johnston y Bunter (1996) demostraron que días al parto fue una medida adecuada de habilidad reproductiva para el caso de trabajar con grandes bases de datos de campo, como es el caso de la situación australiana.

Un aspecto importante en el análisis de Día de Parto es cómo tratar animales que fallan en el parto (registros censurados). La información sobre vacas falladas debe ser incluida en las evaluaciones, para hacer el mejor uso de los datos disponibles para habilidad reproductiva. Una aproximación simple fue usada por Johnston y Bunter (1996). En este estudio, a las vacas con registros censurados (vacas falladas) les fue asignado un valor proyectado dentro del mismo grupo contemporáneo (dichas vacas recibieron todas el mismo valor). Un enfoque alternativo fue aplicado por Donoghue et al., (2004a, b), quienes asumieron una distribución normal truncada para los registros censurados, extrajeron valores al azar de dicha distribución y obtuvieron un registro para las hembras censuradas, condicionalmente a la información disponible. Esto le permite a los datos determinar el valor de la característica para hembras censuradas. Forni y Albuquerque (2005), sin embargo, no consideraron a las hembras falladas en su análisis, pues un intento de incluirlas, usando una penalización, no mejoró la identificación de diferencias genéticas entre animales.

Adicionalmente, algunas medidas reproductivas (por ejemplo, éxito al parto,

preñez en vaquillonas, preñez al 2º parto) son típicamente características binarias que no presentan una expresión fenotípica continua, y son registrados como éxito (1) o fracaso (0). Numerosos trabajos han sido reportados sobre análisis de datos discretos en el área del mejoramiento genético (e.g. Wright, 1934; Gianola, 1982; Gianola y Foulley, 1983). Según Wright (1934), para que una característica discontinua se expresara, un valor umbral en una escala continua subyacente (escala de susceptibilidad, “*liability*” en inglés) debía ser cruzado. Este modelo asume que la variable subyacente es influenciada por efectos ambientales y por muchos genes que tienen pequeños efectos aditivos, razón por la cual se postula una distribución normal de las “observaciones”.

Estudios realizados en Uruguay

Este capítulo reporta resultados de los siguientes estudios científicos, los cuales serán referidos por sus numerales Romanos I-IV.

- I. Urioste, JI., Chang, YM., Naya, H. and Gianola, D. 2007. Genetic variability in calving success in Aberdeen Angus cows under extensive recording. *Animal* 1:1081-1088.
- II. Urioste, JI., Misztal, I. and Bertrand, JK. 2007a. Fertility traits in spring-calving Aberdeen Angus cattle. 1. Model development and genetic parameters. *Journal of Animal Science*. 85:2854-2860.
- III. Urioste, JI., Misztal, I. and Bertrand, JK. 2007b. Fertility traits in spring-calving Aberdeen Angus cattle. 2. Model comparison. *Journal of Animal Science*. 85:2861-2865.
- IV. Urioste, JI., Misztal, I. and Bertrand, JK. 2008. Alternative repeatability models for genetic evaluation of beef fertility data. A ser enviado a la revista científica *Livestock Science*.

Materiales

El trabajo se realizó en parte en Uruguay (Facultad de Agronomía, Universidad de la República) y en parte en Estados Unidos, en las Universidades de Wisconsin y Georgia, utilizando información del Servicio de Evaluación de Reproductores (SER) de Aberdeen Angus. Para cuidar especialmente la calidad del análisis, se hizo una selección muy fuerte de datos, donde las vacas debían tener fecha de nacimiento, el padre identificado, un primer parto a los 2 o 3 años, no haber sido usadas como donadoras o recipientes en transferencia de embriones, y mantener un intervalo interparto razonable (siempre mayor a 280 días), siempre en primavera (solo el 3% de los partos de la base de datos son declarados como de otoño). Solo se tomaron las 3 primeras oportunidades de parto. El conjunto de datos inicial estaba compuesto por aproximadamente 33.000 registros de partos, provenientes de 14.000 vacas en 56 rodeos.

En el artículo I, los datos finales consistieron en 2.032 registros de vacas teniendo una segunda oportunidad de parto, nacidas entre 1975 y 2000, en 24 rodeos; 1.080 y 947 vacas tuvieron una tercera y cuarta oportunidad de parto, respectivamente. Un total de 444 ancestros machos, incluyendo 409 toros con registros de hijas y sus padres y abuelos maternos, fueron incluidos en el archivo de genealogías. En los artículos II, III, y IV, 6.763 registros de 3.442 vacas nacidas de 455 padres, nacidas entre 1975 y 2000 en 19 rodeos estuvieron disponibles para el análisis. El archivo de genealogías tenía 7.748 animales relacionados a la información recolectada.

Éxito al Parto (EP) fue definido en los estudios como una característica binaria: hembras que producían un ternero fueron codificadas como uno (éxito), y vacas sin un parto registrado en un año determinado, pero apareciendo en años posteriores, les fue asignado el valor cero (fracaso) en los valores de los años específicos entre dos partos identificados.

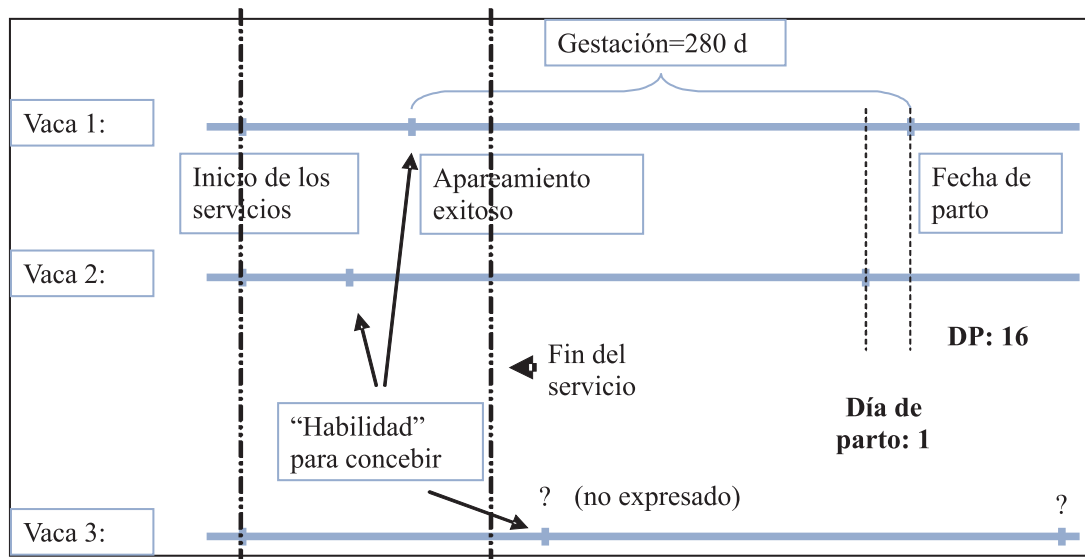


Figura 1. Ilustración de la variable Día de Parto.

Día de Parto (DP) fue definido (artículos II-IV) como el número de días desde el comienzo de la estación de parto en un año y rodeo específico hasta la fecha de parto de la vaca. Es una variable continua, fácilmente registrable, que asume largo de gestación constante para poder detectar la variación en la habilidad reproductiva de las vacas. La Figura 1 esquematiza la situación de 3 vacas típicas en un rodeo cualquiera.

Procedimientos estadísticos

En los diferentes estudios se usaron 7 modelos estadísticos con diferente grado de sofisticación. Modelos umbrales (e.g., Gianola y Foulley, 1983) fueron usados en los artículos I-IV para el análisis de éxito al parto como respuesta binaria. El modelo umbral postula una variable aleatoria, continua y subyacente, llamada susceptibilidad (*liability*), que genera respuestas binarias observadas (en este caso éxito o fracaso al parto) cuando trasciende un valor umbral determinado.

En el artículo I, la variable subyacente éxito al parto fue expresada como una función lineal de los efectos del año de nacimiento de la vaca, el rodeo y el padre de la vaca.

En los artículos II-IV, los tres modelos desarrollados incluyeron el efecto de grupo contemporáneo (rodeo x año x grupo de manejo de servicio) en cada una de las tres oportunidades de parto, efectos de edad al parto (3 niveles dentro de cada oportunidad de parto: animales dentro de ± 1 SD por edad, menos de -1 o más de 1 SD), y estado fisiológico al servicio (vaca lactando o no lactando). Otras variables explicatorias, tales como sexo del ternero gestado y criado fueron inicialmente exploradas, pero luego descartadas debido a la falta de significancia. Un efecto genético aditivo para cada animal ("modelo animal") fue ajustado en todos los modelos, a diferencia del modelo "padre" usado en el Artículo I.

Modelos más simples, como un modelo de repetibilidad para días al parto, usando una penalización para vacas falladas, ha sido implementado con éxito en las evaluaciones genéticas para ganado de carne en Australia (Graser et al., 2005). En el artículo IV, tres modelos de repetibilidad fueron comparados. Todos los modelos incluyeron los efectos de grupo contemporáneo, edad al parto, estado fisiológico al servicio, genético aditivo animal, y ambiente permanente.

Evidencias de variabilidad genética en reproducción

Los principales resultados de los estudios realizados se pueden resumir de la siguiente manera:

- El porcentaje de parición (EP en la población analizada) fue 86.3%, 65.9%, y 67.3% para el primer, segundo y tercer parto, respectivamente. Los promedios obtenidos para DP fueron de 36, 59 y 52 días para el primero, segundo y tercer parto.
- Las distintas estimaciones de heredabilidad para DP variaron entre 0.19 y 0.31, obteniéndose los valores más altos en la primera oportunidad de parto.
- Las heredabilidades para EP fueron algo más altas, entre 0.27 y 0.43.
- Las correlaciones genéticas entre DP medidos en los tres primeros partos fue positiva y de media a alta (alrededor de 0.6), indicando que vacas con buena habilidad reproductiva seguirán siendo buenas en etapas posteriores de su vida.
- Las correlaciones genéticas entre éxitos al parto en los tres primeros partos fue también alta, en el entorno de 0.80.
- Las correlaciones genéticas entre DP y

SP fueron fuertemente negativas (entre -0.54 y -0.91), es decir, favorables: una selección por menores días de parto conduciría a un aumento en el suceso al parto. Este dato es muy importante: quiere decir que si seleccionáramos por menores días de parto, indirectamente estaríamos mejorando el porcentaje de parición.

Adicionalmente, en el artículo IV se describe el cambio genético obtenido a lo largo de los años analizados. El promedio de valores de cría de DP por año de nacimiento aumentó desde 1976 a 1990, reflejando una tendencia negativa en la habilidad reproductiva, con un marcado cambio positivo en la segunda mitad del periodo considerado (Figura 2).

Discusión general

El desarrollo de esquemas de evaluación y su aplicación en el mejoramiento genético involucra varios pasos, tales como la definición de objetivos de selección, elección y aplicación de medidas adecuadas (criterios de selección), estimación de parámetros genéticos, elección de modelos y métodos de análisis, y diseño de procedimientos

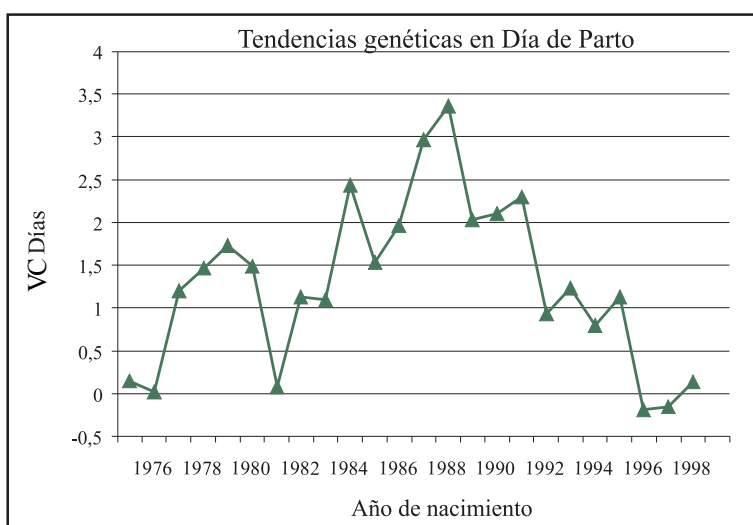


Figura 2. Cambio en el valor de cría (VC) promedio para Día de Parto según el año de nacimiento de los animales.

prácticos para la estimación de valores de cría y de tendencias genéticas. Finalmente, la selección y uso de animales potencialmente superiores debe ser llevada a cabo. Algunos de estos pasos han sido tratados en estos trabajos, en referencia a las características reproductivas; otros, han sido simplemente mencionados. Se retoman aquí, para establecer un marco general apropiado de las investigaciones realizadas.

Objetivos y criterios de selección

La definición de objetivos de selección es el paso inicial en el desarrollo de programas nacionales de mejoramiento genético (Ponzoni y Newman, 1989). En ganado de carne, esta área ha recibido atención en los últimos años (Newman et al., 1992; Phocas et al., 1998; Urioste et al., 1998; Amer et al., 2001; Kluyts et al., 2003; Fernández-Perea y Alenda Jiménez, 2004; Wolfová y Nitter, 2004; Wolfová et al., 2005a, b).

El desarrollo de objetivos de selección supone la toma de decisiones de naturaleza económica, con poca atención a las consecuencias genéticas. En este paso importa identificar rasgos biológicos que afecten el beneficio económico de la empresa agropecuaria (ingresos, costos, o ambos). Las consideraciones genéticas se vuelven relevantes al momento de la evaluación de los animales como progenitores de la siguiente generación. Algunos rasgos biológicos en el objetivo de selección pueden ser difíciles o costosos de medir, en tanto puede haber características que estén altamente correlacionadas con los rasgos en el objetivo, pero sin estar necesariamente incluidos en él. Este podría ser el caso, si incluyéramos DP (criterio de selección) para mejorar EP (objetivo de selección).

Los rasgos biológicos de interés para la mejora genética pueden ser groseramente agrupados en aquellos relacionados a la reproducción, el crecimiento, consumo de alimento y atributos de carcasa. En Uruguay, Urioste et al., (1998) incluyeron tasa de des-

tete (TD) en los objetivos de selección, basado en su asociación con mayores números de hijos y vacas de descarte, y también con mayores costos de alimentación, manejo y comercialización. Los altos valores económicos encontrados para TD (Figura 3) confirmaron que se debe poner un énfasis sustancial en la selección para mejorar los rasgos reproductivos en los sistemas uruguayos de producción. Un examen de los valores económicos relativos de reproducción y crecimiento en una serie de estudios en diversos países (Ponzoni y Newman 1989; Newman et al., 1992; Macneil et al., 1994; Phocas et al., 1998; Fernández-Perea y Alenda Jiménez, 2004) también indican que las tasas reproductivas son al menos tan importantes como las características de crecimiento desde un punto de vista económico.

Urioste et al., (1998) señalaron la ventaja económica de seleccionar por un objetivo completo (inclusión de todos aquellos rasgos de importancia económica), comparado con la selección exclusivamente por peso vivo. Adicionalmente, ellos demostraron el valor del uso de medidas reproductivas como criterios de selección. Un índice de selección combinando características de crecimiento y reproducción (circunferencia escrotal y día de parto) produjo una respuesta más balanceada en los diferentes grupos de características, con un notable beneficio económico. Graser et al., (1994) también concluyeron que las medidas de fertilidad son valiosos criterios adicionales de selección. Dada la simplicidad relativa de registrar variables como circunferencia escrotal y día de parto, su incorporación al sistema de registros ganaderos de Uruguay está ampliamente justificada. Los resultados presentados en el artículo II confirman que la selección por DP más cortos conducirá a aumentos correlacionados en EP.

Modelos estadísticos

Encontrar un modelo apropiado para las características reproductivas es un componente relevante de cualquier evaluación genética.

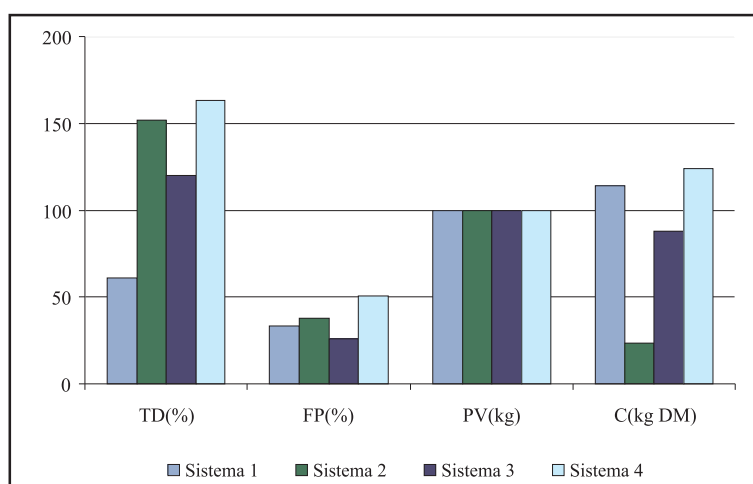


Figura 3. Variación económica-genética (valor económico x desvío estándar genético aditivo) por los grupos de rasgos en el objetivo de selección, expresado en relación a los rasgos de crecimiento, dentro de cuatro sistemas de producción de creciente intensividad (adaptado de Urioste et al., 1998). TD: tasa de destete; FP: facilidad de parto; PV: peso de venta; C: consumo de alimento.

Estos estudios se centraron en éxito al parto y día de parto. Siete modelos fueron considerados, siendo investigados en los artículos I a IV. Sin embargo, modelos estadísticos sofisticados no pueden compensar la mala calidad de los datos; por eso, es sugerido (artículo IV) que modelos más simples (por ejemplo, un modelo de repetibilidad para DP) pudiera ser útil para mejorar el mérito genético en reproducción, en tanto se acumulan registros mejorados de habilidad reproductiva durante un periodo razonable de tiempo. Un modelo de repetibilidad hace un uso razonable de toda la información disponible, y es una especificación adecuada para una característica reproductiva en un esquema nacional de mejoramiento genético en desarrollo.

Heredabilidad y correlaciones genéticas

En el artículo I, las primeras estimaciones obtenidas mostraron a EP como una característica moderadamente heredable, (0.27 a 0.35 según los análisis), aunque grandes desvíos estándar indicaron una gran incertidumbre en las inferencias. En el artículo II, las estimaciones de DP en las diferentes

oportunidades de parto variaron entre 0.19 y 0.31. La heredabilidad de DP en la primera oportunidad de parto fue más alta que en las oportunidades de parto siguientes. Las heredabilidades de EP fueron un poco mayores, 0.37 a 0.42, aunque la incertidumbre de las estimaciones fue también alta. Heredabilidades de DP obtenidas en el artículo IV fueron también similares en todos los modelos, y en concordancia con las estimaciones previas reportadas en el artículo II (0.21 a 0.28).

Koots et al., (1994) reportaron una heredabilidad promedio (basada en 24 estudios) de 0.170 ± 0.015 , y concluyeron que las estimaciones de heredabilidad en características de adaptación eran limitadas, y generalmente bajas (0.00 – 0.20). Nuestras estimaciones fueron más altas que el promedio de estimaciones publicadas para DP, las cuales oscilan entre 0.04 y 0.28 (Meyer et al., 1990; Johnston y Bunter, 1996; Mercadante et al., 2003; Donoghue et al., 2004a; Forni y Albuquerque, 2005). Estimaciones para éxito al parto o caracteres muy similares, obtenidos con modelos umbrales, varían desde 0.03 (Donoghue et al., 2004c) a 0.25-0.27 (Silva et al., 2002, en Brasil; Rust

y Groeneveld, 2002, en Sudáfrica). Phocas et al., (2002), usando un modelo padre, reportaron valores entre 0.07 y 0.16, con grandes errores estándar. Evans et al., (1999) definieron preñez de vaquillonas como el evento en el cual una vaquillona concibe y permanece preñada hasta la palpación, dado que ella haya sido expuesta al servicio. Usando datos de 986 vaquillonas Hereford, obtuvieron una estimación de heredabilidad de 0.138 con un error estándar de 0.089. Con mucho mayor número de datos, Eler et al., (2004) obtuvieron una estimación de heredabilidad de 0.61 (0.10) y 0.68 (0.09) para preñez en vaquillonas.

En el artículo II, se encontraron correlaciones genéticas positivas y altas (0.82 a 0.88) entre medidas de DP. Las correlaciones genéticas entre medidas de EP también fueron positivas y de medias a altas (0.56 a 0.80). Correlaciones genéticas medias a altas y negativas (favorables) entre DP y EP (-0.54 a -0.91) fueron estimadas en este análisis, sugiriendo que el mejoramiento genético por DP (día de parto más temprano dentro de la correspondiente estación de parto) conduciría a una mejora en el éxito al parto de las vacas. La asociación negativa (genéticamente favorable) entre DP y EP es un descubrimiento relevante. Esta relación podría ser usada para la implementación del mejoramiento genético en caracteres de fertilidad, donde DP podría actuar como característica indicadora de EP. Esta última característica tiene una expresión fenotípica binaria, en tanto DP es lineal y continua, y podría ser fácilmente incorporada dentro de los procedimientos estándar ya desarrollados en el sistema de evaluación genética de la raza Aberdeen Angus. Es también muy probable que DP logre un alto grado de comprensión y aceptación entre los criadores de dicha raza.

Tendencias genéticas

La descripción genética de las poblaciones incluye su cambio a lo largo de periodos de tiempo definidos (e.g., MacNeil y Newman,

1994; Mercadante et al., 2002). Para todos los modelos usados en el artículo IV, el promedio de valores de cría de DP por año de nacimiento aumentó hasta 1990 (tendencia negativa en la habilidad reproductiva), con un marcado cambio positivo a partir de allí (Figura 2).

No es fácil interpretar estas tendencias. Se podría argumentar que los criadores no estaban considerando la habilidad reproductiva dentro de sus criterios de selección, y consecuentemente, los cambios en el tiempo de los valores de cría estimados deben ser consecuencia de respuestas correlacionadas. Esos cambios podrían ser reflejo del aumento de las importaciones de semen de ganado de carne desde América del Norte (Estados Unidos y Canadá) en los años 80, época en la cual se priorizan animales con mérito genético sobresaliente en características de crecimiento.

Adicionalmente, la aparición del primer sistema nacional de evaluación genética usando técnicas de modelo animal BLUP en los años 90 puede haber jugado un cierto papel en la conciencia, por parte de los criadores, del tipo de animal necesario para una correcta adaptación a los sistemas locales de producción. Estas han sido, sin duda, marcas decisivas en el camino del cambio genético de la raza Aberdeen Angus en el Uruguay. Este aumento en la capacidad de definir el tipo de animal más adaptado a sistemas pastoriles seguramente pondrá mayor énfasis en características biológicas vinculadas a la reproducción.

¿Es la selección aplicable para rasgos reproductivos?:

Conclusiones

Varias conclusiones pueden ser sacadas a partir de las investigaciones desarrolladas. Además de ser relativamente heredables, DP y EP son baratas y simples de medir. La inclusión de alguna de ellas en un sistema

de registros es entonces altamente recomendable. La inclusión de DP o EP como caracteres de fertilidad en una evaluación genética, dependiendo de razones genéticas, económicas, o cualquiera otra, ha sido recomendada por Ponzoni (1992). Él concluyó que, desde un punto de vista genético, la diferencia entre usar cualquiera de ellos sería pequeña, comparada con el efecto de ignorar completamente la reproducción. Una ventaja de usar un modelo para DP podría ser en el contexto de mayor producción de por vida (Morris, 1980; Garcia Paloma et al., 1992). Una desventaja del uso de EP en evaluaciones genéticas es que las vacas que paren tardíamente pueden ser inadvertidamente seleccionadas.

En los estudios realizados se usaron modelos estadísticos con distintos niveles de complejidad. El más sencillo de ellos es equivalente al actualmente usado en la evaluación genética australiana para Días al parto y podría implementarse con éxito en el sistema de evaluación del SER. Debería ser usado con cierto cuidado por un tiempo, en tanto se mejora la calidad de los datos y la estimación de parámetros genéticos. La elección final de la característica a incluir en la evaluación genética de reproductores debería de todos modos ser influida por consideraciones de naturaleza no genética, tales como su facilidad de incorporación al sistema de registros de producción o facilidad de comprensión y aceptación por parte de los criadores. Paralelamente, el sistema de captura de datos tiene que ser pensado desde la óptica de la vaca, llevando un registro completo de su comportamiento reproductivo, incorporando el registro sistemático de fechas de inseminación o comienzo de servicio, diagnóstico de preñez en vaquillonas y vacas, tipos de manejos usados en el servicio (inseminación artificial o monta natural), e incluso códigos de refugio de las vacas.

En resumen, la característica económicamente importante EP parece no ser una opción inmediata para evaluación genética por fertilidad, bajo las circunstancias actuales

de calidad de información. Esto podría cambiar si los registros fueran más precisos y los modelos genéticos mejorados. La calidad de los datos podría ser mejorada, a través del registro de las fechas de servicio, toros y tipo de servicio usado (inseminación artificial o monta natural), estado de preñez en vaquillonas y vacas, fechas de entrada y salida, resultado final de toda la estación de servicio (incluso si las preñeces finalmente no se confirman), y códigos de causas de abandono del rodeo de cría. La captura adicional de variación genética usando una característica continua como DP, y a su vez genéticamente correlacionada con EP, es deseable. Si estos cambios son adoptados en la práctica, los criadores tendrán herramientas para realizar una selección directa sobre los siempre económicamente importantes rasgos de fertilidad. En el futuro, estimaciones de correlaciones genéticas entre DP o EP con datos de crecimiento, ultrasonido o circunferencia escrotal, actualmente registrados en el sistema de registros Aberdeen Angus, podría brindar una serie de contribuciones decisivas hacia un futuro índice de Mérito Total en el ganado Aberdeen Angus de Uruguay.

Agradecimientos

A los dedicados criadores de Aberdeen Angus, por permitirme usar sus datos en pro de la búsqueda permanente de nueva tecnología genética. A mis colegas, Profesores Daniel Gianola, Yu-Mei Chang, Keith Bertrand e Ignacy Misztal, por recibirme gentilmente y poner a mi disposición todo su conocimiento y capacidad técnica. A los organizadores de este Taller, por permitirme aportar elementos para una discusión crucial sobre la mejora de los rodeos de cría a través de todas las herramientas disponibles.

Referencias bibliográficas

Amer, PR., Simm, G., Keane, MG., Diskin, MG. and Wickham, BW. 2001. Breeding objectives for beef cattle in Ireland. *Livestock Production Science*, 67, 223-239.

- Azzam, SM. and Nielsen, MK. 1987. Genetic parameters for gestation length, birth date and first breeding date in beef cattle. *Journal of Animal Science* 64, 348-356.
- Bourdon, RM. and Brinks, JS. 1983. Calving date versus calving interval as a reproductive measure in beef cattle. *Journal of Animal Science* 57, 1412-1417.
- Buddenberg, BJ., Brown, CJ. and Brown, AH. 1990. Heritability estimates of calving date in Hereford cattle maintained on range under natural mating. *Journal of Animal Science* 68, 70-74.
- Donoghue, KA., Rekaya, R. and Bertrand, JK. 2004a. Comparison of methods for handling censored records in beef fertility data: simulation study. *Journal of Animal Science* 82, 351-356.
- Donoghue, KA., Rekaya, R. and Bertrand, JK. 2004b. Comparison of methods for handling censored records in beef fertility data: field data. *Journal of Animal Science* 82, 357-361.
- Donoghue, KA., Rekaya, R., Bertrand, JK. and Misztal, I. 2004c. Threshold-linear analysis of measures of fertility in artificial insemination data and days to calving in beef cattle. *Journal of Animal Science* 82, 987-993.
- Eler, JP., Silva, JA II V., Evans, JL., Ferraz, JBS., Dias, F. and Golden, BL. 2004. Additive genetic relationships between heifer pregnancy and scrotal circumference in Nellore cattle. *Journal of Animal Science* 82, 2519-2527.
- Evans, JL., Golden, BL., Bourdon, RM. and Long, KL. 1999. Additive genetic relationships between heifer pregnancy and scrotal circumference in Hereford cattle. *Journal of Animal Science* 77, 2621-2628.
- Fernández-Perea, MT. and Alenda Jiménez, R. Economic weights for a selection index in Avileña purebred beef cattle. *Livestock Production Science* 89, 223-233.
- Forni, S. and Albuquerque, LG. 2005. Estimates of genetic correlations between days to calving and reproductive and weight traits in Nelore cattle. *Journal of Animal Science* 83, 1511-1515.
- García Paloma, JA., Alberio, R. Miquel, MC., Grondona, MO., Carrillo, J. and Schiersmann, G. 1992. Effect of calving date on lifetime productivity of cows in a winter calving Aberdeen Angus herd. *Animal Production* 55, 177-184.
- Gianola, D. and Foulley, JL. 1983. Sire evaluation for ordered categorical data with a threshold model. *Genetique, Selection, Evolution* 15, 201-223.
- Gianola, D. 1982. Theory and analysis of threshold characters. *Journal of Animal Science* 54, 1079-1096.
- Graser, H-U., Tier, B., Johnston, DJ. and Barwick, SA. 2005. Genetic evaluation for the beef industry in Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 45, 913-921.
- Graser, H-U., Nitter, G. and Barwick, SA. 1994. Evaluation of advanced industry breeding schemes for Australian beef cattle. II. Selection on combinations of growth, reproduction and carcass criteria. *Australian Journal of Agricultural Research* 45, 1657-1669.
- Gutiérrez, JP., Alvarez, I., Fernández, I., Royo, LJ., Díez, J., and Goyache, F. 2002. Genetic relationships between calving date, calving interval, age at first calving and type traits in beef cattle. *Livestock Production Science* 78, 215-222.
- Johnston, DJ. and Bunter, KL. 1996. Days to calving in Angus cattle: genetic and environmental effects, and covariances with other traits. *Livestock Production Science* 45, 13-22.
- Kluyts, JF., Naser, FWC. and Bradfields, MJ. 2003. Development of breeding objectives for beef cattle breeding: derivation of economic values. *South African Journal of Animal Science*, 33, 142-158.
- Koots, KR., Gibson, JP., Smith, C. and Wilton, JW. 1994. Analyses of published genetic parameter estimates for beef production traits. 1. Heritability. *Animal Breeding Abstracts* 62, 309-338.
- Lopez de Torre, G. and Brinks, JS. 1990. Some alternatives to calving date and interval as measures of fertility in beef cattle. *Journal*

- of *Animal Science* 68, 2650-2657.
- MacGregor, RG. and Casey, NH. 1999. Evaluation of calving interval and calving date as measures of reproductive performance in a beef herd. *Livestock Production Science* 57, 181-191.
- MacGregor, RG. 1995. Evaluation of calving date and calving interval as measures of reproductive efficiency in beef cows. *Journal of the South African Veterinary Association* 66, 235-238.
- MacNeil, MD. and Newman, S. 1994. Genetic analysis of calving date in Miles City Line 1 Hereford cattle. *Journal of Animal Science* 72, 3073-3079.
- MacNeil, MD., Newman, S., and Steward-Smith, J. 1994. Relative economic values for Canadian beef production using specialized sire and dam lines. *Canadian Journal of Animal Science* 74, 411-417.
- Meacham, NS. and Notter, DR., 1987. Heritability estimates for calving date in Simmental cattle. *Journal of Animal Science* 64, 701-705.
- Mercadante MEZ., Packer IU., Razook, AG., Cyrillo, JNSG. and Figueiredo, LA. 2003. Direct and correlated responses to selecting for yearling weight on reproductive performance of Nelore cows. *Journal of Animal Science* 81, 376-384.
- Mercadante, MEZ., Packer IU., Razook, AG., Melo, CMR., Cyrillo, JNSG. and Figueiredo, LA. 2002. Dias ao parto de Fêmeas Nelore de um Experimento de Seleção para crescimento. II – Modelo de regressão aleatória. *Revista Brasileira de Zootecnia* 31, 1726-1733.
- Meyer, K., Hammond, K., Parnell, PF., Mackinnon, MJ. and Sivarajasingam, S. 1990. Estimates of heritability and repeatability for reproductive traits in Australian beef cattle. *Livestock Production Science* 25, 15-30.
- MGAP-DIEA. 2003. La ganadería en Uruguay. Contribución a su conocimiento. http://www.mgap.gub.uy/Diea/Rubros/Ganaderia/Ganaderia_Junio2003.pdf. Acceso: 3 de Noviembre de 2007.
- Morris, CA. 1980. A review of relationships between aspects of reproduction in beef heifers and their lifetime production. 2. Associations with relative calving date and with dystocia. *Animal Breeding Abstracts* 48, 753-767.
- Newman, S., Morris, CA., Baker, RL. and Nicoll, GB. 1992. Genetic improvement of beef cattle in New Zealand: breeding objectives. *Livestock Production Science* 32, 111-130.
- Phocas, F., and Laloe, D. 2003. Evaluation models and genetic parameters for calving difficulty in beef cattle. *Journal of Animal Science* 81, 933-938.
- Phocas, F., Vinet, A. and Renand, G. 2002. Genetic variability of reproductive traits in Charolais cows. Proceedings of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Montpellier, August 19-23, 2002, 29, 513-516.
- Phocas, F., Bloch, C., Chapelle, P., Bécherel, F., Renand, G. and Méniissier, F. 1998. Developing a breeding objective for a French purebred beef cattle selection programme. *Livestock Production Science* 57, 49-65.
- Ponzoni, RW. 1992. Which trait for genetic improvement of beef cattle reproduction: calving rate or calving day? *Journal of Animal Breeding and Genetics* 109, 119-128.
- Ponzoni, RW. and Newman, S. 1989. Developing breeding objectives for Australian beef cattle production. *Animal Production* 49, 35-47.
- Rege, JEO., and Famula, TR. 1993. Factors affecting calving date and its relationship with production traits of Hereford dams. *Animal Production* 57, 385-395.
- Rust, T. and Groeneveld, E. 2002. Variance component estimation of female fertility traits in two indigenous and two European beef cattle breeds of South Africa. *South African Journal of Animal Science* 32, 23-29.
- Rust, T. and Groeneveld, E. 2001. Variance component estimation on female fertility traits in beef cattle. *South African Journal of Animal Science* 31, 131-141.
- Silva, JAII de V., Van Melis, MH., Eler, JP., Ferraz, JBS. and Oliveira, HN. 2002.

Heritability for subsequent rebreeding in Nelore cows estimated with Bayesian inference. Proceedings of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Montpellier, August 19-23, 2002, 29, 665-668.

Urioste, JI., Ponzoni, RW., Aguirrezabala, MA., Rovere, G. and Saavedra, D. 1998. Breeding objectives for pasture-fed Uruguayan beef cattle. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 115, 357-373.

Wolfová, M., Wolf, J., Pribyl, J. Zahrádková, R. and Kica, J. 2005 Breeding objectives for beef cattle used in different production systems: 1. Model development. *Livestock Production Science* 95, 201-215.

Wolfová, M., Wolf, J., Zahrádková, R., Pribyl, J., Dano, J., Krupa, E. and Kica, J. 2005, Breeding objectives for beef cattle used in different production systems. 2. Model application to production systems with the Charolais breed. *Livestock Production Science* 95, 217-230.

Wolfová, M. and Nitter, G. 2004. Relative economic weights of maternal versus direct traits in breeding schemes. *Livestock Production Science* 88, 117-127.

Wright, S. 1934. An analysis of variability in number of digits in an inbred strain of guinea pigs. *Genetics* 19, 506-536.