
Impacto Económico de los Programas de Mejoramiento Genético

Felipe Ruiz López

Médico Veterinario Zootecnista,
Universidad Nacional Autónoma de México, México.
MSc. y PhD. en Ciencia Animal, Universidad de Cornell, USA.
Profesor e Investigador de Genética Animal,
Universidad Autónoma de México,
Universidad Autónoma de Querétaro, México.
Investigación en Genética Animal, Instituto Nacional de Investigación,
Centro Nacional de Investigación en Fisiología Animal, México.
Director Asociación Holstein, México

México

Introducción

La producción de leche es un trabajo muy demandante y aunque es en verdad apasionante, es una actividad sumamente compleja. El ganadero productor de leche debe tomar decisiones sobre alimentación, manejo reproductivo y sanitario de los animales, manejo de los recursos financieros de la empresa, comercialización de los productos de la finca, manejo de personal y un sinnúmero de áreas dentro de las que se encuentra el mejoramiento genético del ganado.

Cuando hablamos de programas de mejoramiento genético (PMG) debemos tener en cuenta muchos aspectos. Por un lado, debemos reconocer que la producción de un animal está dada por su habilidad para producir (capacidad genética) y las herramientas que tiene para hacerlo o medio ambiente (alimentación, etc.), La genética entonces, dicta el límite de producción de cada animal. Por el otro lado, la producción comprende varias características que deberemos ponderar en su momento, ya que aunque el volumen de producción es importante, también lo es la calidad de la misma. Por ejemplo, un sistema puede vender tanto la leche como la carne de los animales en el sistema. La leche tiene cualidades



como la cantidad o proporción de proteína y grasa, mientras que en la producción de carne podemos buscar marmoreo y porcentaje de cortes primarios. Finalmente, la eficiencia económica de un animal estará dada por la cantidad producida, la calidad de la producción y otros factores de eficiencia como la longevidad, resistencia a enfermedades, etc. La importancia que tenga cada una de las características, antes mencionadas, dependerá del medio ambiente al que sirvan (precios pagados al productor, horizonte de planeación, etc.).

El impacto de una mejora en el medio ambiente será de manera casi inmediata pero no será necesariamente sostenido. Por ejemplo, un año podríamos tener un mejor clima que permitiera contar con praderas de mejor calidad nutricional y con esto mejorar nuestra producción, sin embargo, el año próximo podría ser una de sequía donde la calidad del forraje baje y con esto nuestra producción de leche. Los PMG si bien no son inmediatos, sí son sostenidos. Cuando un animal adquiere su configuración genética a partir de la de los padres, ésta se queda con el animal hasta su muerte. El secreto está en cómo asegurar (o cuando menos incrementar la probabilidad) de que las subsecuentes generaciones sigan teniendo mayor calidad que sus padres.

Muchas veces tendemos a menospreciar a los PMG porque, además de no presentar resultados inmediatos, no representan un gasto importante dentro de las explotaciones. Si revisamos los diferentes sistemas que existen para determinar costos de producción de leche o de carne, el aspecto de MG siempre queda en el renglón de “otros gastos” lo que en muchos casos es una contradicción, ya que si bien se reconoce que los gastos en este rubro son mínimos, muchos ganaderos intentan reducir costos al comprar semen “barato” (de baja calidad generalmente) para producir a la siguiente generación, sin darse cuenta que con esto están afectando futuras generaciones y el futuro de su finca.

1. Los Programas de Mejoramiento Genético Vistos desde la Perspectiva Económica

Como cualquier actividad dentro de la finca, los PMG tienen un costo y un retorno asociados. Cuando el retorno es mayor que el costo, decimos que el programa es “rentable”, por lo que lo consideramos una inversión, y cuando no lo es se convierte en un gasto, lo que contribuye a la ineficiencia de la empresa.

Lo que es particular dentro de los cálculos de la rentabilidad de los PMG es que si bien la inversión se realiza en el momento actual, el retorno de la misma se verá en aproximadamente 3 a 5 años (en promedio 90 días a preñez, 280 días de gestación, 24-26 meses a primer parto y 300 días a término de primera lactancia), por lo que los gastos deberán ser ajustados de manera acorde y dependerán en



Esto ha sido reconocido, aunque de manera poco consciente, por la mayoría de los PMG ya que al definir las metas de los programas es común buscar una mejoría en la eficiencia económica de los sistemas de producción, definiendo ésta como:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Ingresos}}{\text{Costo de producción}}$$

a diferencia de buscar mejorías en las ganancias:

$$\text{Ganancia} = \text{Ingresos} - \text{Costo de producción}$$

Buscar metas económicas en los PMG es muy común, sin embargo, recientemente y ante la necesidad de preservar nuestro medio ambiente, algunos PMG han incorporado aspectos de eficiencia biológica de los sistemas, ya que los recursos naturales son limitados en la mayoría de los ambientes. Finalmente hay que mencionar que en países como los latinoamericanos, donde el entorno económico no es muy estable y las tasas de inflación son superiores a las del resto del mundo, incluir la disminución del riesgo asociado a las decisiones de los PMG puede ser atractivo, aunque esto generalmente lleve a la disminución de la tasa de mejoramiento.

3. Análisis de Retorno y Costo

Dickerson (1970) abordó el problema de analizar económicamente los sistemas de mejoramiento encontrando que el costo tiene tres componentes principales: a) Producción de la hembra, b) Reproducción de la hembra y c) Crecimiento de las crías. Desde entonces eliminó de la ecuación el costo asociado con los machos, ya que es mínimo comparado con los otros elementos (y más ahora con el uso de la inseminación artificial).

Weller (1994) extiende el concepto para calcular eficiencia como:

$$E = \frac{\text{Ingreso}}{\text{Costo de producción}} = \frac{I_h}{CA_h} + \frac{I_c}{CNA_h CA_c CNA_c}$$

Donde E es la eficiencia económica, I_h son los ingresos de la producción de las hembras, I_c los ingresos de la producción de las crías, CA_h y CNA_h son los costos de alimentación y no-alimentación por hembra, y CA_c y CNA_c son los costos de alimentación y no-alimentación por cría, respectivamente.



Si suponemos que los CNA son fijos (hay que gastarlos independientemente de que el animal produzca o no) y que los CA serán proporcionales a la cantidad producida, lo importante entonces será definir qué es lo que compone al ingreso por concepto de producción de hembras y de crías, puesto que serán estos factores los que determinen la eficiencia de nuestras explotaciones.

Para los sistemas de producción que nos ocupan, en el caso de las hembras queda claro que lo que buscamos de manera primordial es la producción de leche, siendo el crecimiento del animal y valor de la canal un componente de los gastos de reposición y no un fin per se. Por lo tanto, el ingreso de una finca por este concepto será una función del número de hembras con las que se cuenta (n_h), la producción por hembra/año en la finca (p_h) y el valor del producto por unidad de volumen de leche vendida (A_h):

$$I_h = N_h \times P_h \times A_h$$

Notemos en este caso que:

- a. El componente n_h no depende directamente de factores genéticos.
- b. Tradicionalmente hemos dirigido nuestros PMG a maximizar p_h ya que entre otras cosas, está controlada genéticamente (heredabilidad de 0.3 para producción de leche y sus componentes, correlaciones genéticas entre 0.8 y 0.9 entre estas características).
- c. El precio por unidad producida (A_h), está en relación directa con la calidad de la misma (cantidad de componentes y conteo celular somático por ejemplo).

En los sistemas de doble propósito (donde nos interesa considerar la producción de carne además de la leche), deberemos incluir y dimensionar el ingreso por concepto de la venta de los novillos para engordar, quedando el ingreso por concepto de crías (I_c) como una función del número de crías producidas por año (n_c), el peso de las crías/año en la finca (p_c) y el valor del producto por kilogramo de animal vendido (A_c):

$$I_c = N_c \times P_c \times A_c$$

Los PMG pueden mejorar el I_c incrementando cualquiera de los integrantes de la ecuación. Sin embargo, debemos reconocer que:

- a. A_c no tiene valores diferenciados en todos los mercados. Es decir no siempre se paga mejor la calidad de la canal, y aún cuando estos sucede los incentivos son pequeños.
- b. p_c será el aspecto a mejorar ya que es dependiente de la tasa de crecimiento que está controlada por la genética en una proporción alta (heredabilidades entre 0.4 y 0.5 para peso al nacimiento, ganancia de peso).



cia de peso temprana) y es sumamente variable (la identificación de animales superiores será más fácil), mientras que n_c tendrá heredabilidades bajas ya que depende directamente de características reproductivas del animal y A_c tiene, en general, poca variabilidad.

4. Mejorando Varias Características a la Vez

Uno de los principales problemas que tienen los PMG es que el cambio en una característica implica, la mayoría de las veces, cambios en las otras características de interés, y estos cambios no siempre son favorables (cuadro 1). Lo anterior se debe a lo que conocemos como correlaciones genéticas, que es la acción que los genes pueden tener sobre más de una característica a la vez.

Cuadro 1
Heredabilidades de varias características de interés en la producción de leche y sus correlaciones genéticas con el volumen de producción

| Característica | Heredabilidad | Correlación genética con producción de leche |
|------------------------|---------------|--|
| Producción de leche | 0.25 – 0.30 | |
| Kilogramos de grasa | 0.25 - 0.30 | 0.80 |
| Kilogramos de proteína | 0.25 – 0.30 | 0.90 |
| Sólidos totales | 0.25 - 0.30 | 0.90 |
| Porcentaje de grasa | 0.50 | -0.30 |
| Porcentaje de proteína | 0.50 | -0.20 |

Por ejemplo, una selección sobre producción de leche que nos produzca mejoramientos de 276 Kg nos repercutirá en incrementos de 11 y 6 Kg de grasa y proteína respectivamente, mientras que reducirá en 0.036 y 0.018 los porcentajes de los mismos componentes.



Cuadro 2
Respuestas directas y correlacionadas a la selección sobre una característica

| Característica | Producción de leche | Producción de grasa | Porcentaje de grasa | Producción de Proteína | Porcentaje de proteína |
|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------|------------------------|
| Selección sobre: | Kg | Kg | % | Kg | % |
| Prod. de leche | 276 | 11 | -0.36 | 6 | -0.018 |
| Prod. de grasa | 201 | 16 | 0.058 | 6 | 0.010 |
| Porc. de grasa | - 130 | 11 | 0.190 | 2 | 0.051 |
| Prod. de proteína | 195 | 11 | 0.014 | 7 | 0.014 |
| Porc. de proteína | -105 | 3 | 0.084 | 3 | 0.075 |

Si deseamos mejorar varias características a la vez, deberemos entonces recurrir a índices. Aunque existen varios índices en el mundo, debemos reconocer que son válidos para los países que los calcularon, ya que: a) Se basan en pesos económicos propios del país que los desarrolló; b) Se basan en parámetros genéticos (heredabilidades y correlaciones genéticas) propios de la población en la que se desarrollaron, y c) están de acuerdo con los objetivos de mejoramiento fijados para las poblaciones origen. Por ejemplo, ninguno de los índices existentes considera aspectos de ganancia de peso, por lo que estarán incompletos si deseamos aplicarlos a una población de doble propósito. En este caso deberemos incluir aspectos de crecimiento en nuestros PMG.

Cuadro 3
Heredabilidades de varias características relacionadas al crecimiento y conformación de ganado lechero

| Característica | Porcentaje de proteína |
|---------------------------|------------------------|
| Peso al nacimiento | 0.50 |
| Alzada al nacimiento | 0.50 |
| Ganancia de peso temprana | 0.40 |
| Crecimiento temprano | 0.80 |
| Profundidad de cuerpo | 0.20 |
| Peso corporal | 0.50 |

Por ejemplo, en Israel se encontró que cuando seleccionaron solamente sobre producción de leche a través de una prueba de progenie, obtuvieron incrementos de 131 Kg sin alterar el peso del animal a los 420 días, pero cuando se seleccionó basados en pruebas de progenie para producción de leche y ganancia de peso diaria del animal, se lograron incrementos de 92 Kg de leche y 12 Kg de peso por generación (Soller et al. 1966).



5. Utilizando Cruzamientos para Mejorar Características

Una de las herramientas que tenemos para mejorar algunas características es combinar las habilidades de dos o más razas. Es común que las razas se distingan por características específicas, por ejemplo se reconoce que la raza Holstein tiene producciones de leche, grasa y proteína superiores a las de otras razas, pero que razas como la Jersey, Pardo Suizo y Roja Sueca tienen concentraciones de sólidos superiores a las de la raza Holstein.

La combinación del material genético de diferentes razas tiene dos ventajas directas: a) Se pueden aprovechar las características superiores de ambas razas y b) Se aprovecha el vigor híbrido o heterosis producto de la combinación de material genético. Sin embargo, debemos considerar también que se presentan las siguientes desventajas: a) No siempre son las mejores características de cada raza las que se transmiten a la siguiente generación, por lo que es necesario además del cruzamiento seleccionar a los mejores animales; b) El vigor híbrido obtenido en la primera generación de cruzamiento se pierde en las siguientes generaciones, por lo que obtener niveles consistentes de mejora se torna difícil y a veces imposible.

Para poder calcular el beneficio económico de este tipo de PMG se requiere planear con anticipación los cruces entre las razas (¿utilizaremos un sistema rotativo?, ¿un sistema absorbente?), conocer la heterosis esperada dependiente del porcentaje de cada raza que integra a los animales y aplicar los principios vistos en la sección anterior. Desgraciadamente la dimensión de muchas de las heterosis no se conoce, por lo que tenderemos a sesgar nuestros cálculos.

Una alternativa que integra las ventajas del cruzamiento y de la selección es la formación de razas sintéticas. Es decir, a través de cruzamiento aprovechar la heterosis disponible para las características de interés y, a partir de los primeras cruces, identificar y seleccionar a los mejores animales de cada generación para fijar las características de interés e iniciar su mejoramiento.

6. Efecto del Horizonte de Planeación

Como ya se mencionó, las repercusiones de los PMG se verán en varias generaciones y la pregunta es ¿cuántas generaciones debo incluir en mis proyecciones? La respuesta no es única, ya que dependerá de la estabilidad de los ambientes de producción y comercialización de nuestros productos. Para ambientes poco estables (altas tasas de inflación o cambios en la preferencia del consumidor, por ejemplo) es recomendable fijar horizontes cortos (una o dos generaciones) ya que en cada ciclo deberemos replantear nuestros objetivos.



Independientemente de considerar a una o varias generaciones, deberemos “ajustar” nuestros cálculos por el tiempo en el que veremos el producto de nuestras decisiones de selección, es decir, cuando calculamos el impacto económico de nuestros PMG deberemos estimar el valor del cambio en la producción a precios actuales o lo que se conoce como Valor Presente Neto (VPN).

El VPN corrige los valores actuales por la tasa “real” de interés, es decir la tasa de interés “bancario” corregida por la inflación como:

$$d_q = \frac{(d_i - d_i)}{(1 - d_i)}$$

donde d_q es la tasa real de interés, d_i es la tasa de interés bancario y d_i es la tasa de inflación. Por ejemplo, si la tasa de interés bancario es de 15% y la tasa de inflación es del 8%, la tasa de interés real será:

$$d_q = \frac{(.15 - .08)}{(1 - .08)} = \frac{.07}{1.08} = 0.065$$

es decir que la tasa real de interés es del 6.5%.

La inversión en PMG, a diferencia de la mayoría de las inversiones, es acumulativa, es decir, cuando invertimos en una tecnología como somatotropina, su efecto será visto mientras se siga invirtiendo en el producto; en contraste, cuando invertimos en mejoramiento genético, la mejora se verá en la siguiente generación y en subsecuentes generaciones sin tener que volver a invertir por este concepto.

Podemos calcular el ingreso de un año de mejoramiento genético incluyendo el principio anterior (beneficio permanente) como:

$$R = \frac{V}{d_q (1 - d_q)^{t-1}}$$

donde V es la mejora genética anual esperada en términos económicos, d_q es la tasa de interés real y t el número de años que transcurren desde que realizamos la inversión en el PMG (compra del semen) hasta que recibimos el beneficio (cuando la hija inicia su lactancia).

La mejora genética anual esperada puede ser calculada como:



$$V = \frac{h^2 \times (P_s - \bar{P})}{IG} \times A_h$$

donde h^2 es la heredabilidad de la característica, $(P_s - \bar{P})$ es la diferencia entre los individuos seleccionados y la población, IG es el intervalo generacional en años y A_h es el valor de una unidad extra de volumen producido.

Por ejemplo, si suponemos que la heredabilidad de producción de leche es de 0.30, los individuos seleccionados son 800 kg superiores a la población actual, el intervalo generacional es de 4.5 años y el valor de un kg de leche es de \$0.15 US, el valor de la mejora esperada anualmente sería de:

$$V = \frac{0.30 \times 800}{4.5} = \frac{240}{4.5} \times 0.15 = 8$$

Si además sabemos que la tasa de interés real es del 6.5%, el retorno permanente será de:

$$R = \frac{8}{0.065(1+0.065)^{5-1}} = \frac{8}{0.065 \times 1.29} = \frac{8}{0.077} = 104$$

¿Cuánto puedo o debo invertir en este PMG que me dará ganancias de US\$104.00 en 5 años?

Debo descontar los US\$104.00 a VPN, es decir:

$$VPN = \frac{104}{(1 + 0.065)^5} = 81$$

o sea que puedo invertir hasta US\$81.00 por animal.

Con esta metodología podremos calcular cuánto podemos y debemos invertir en un PMG, sin olvidar que los montos de la inversión deberán incluir, además de la compra del semen para obtener 2 crías (suponiendo 50% de hembras al nacimiento y sin mortalidad al destete), los gastos relacionados con la recopilación de la información: parte de los costos de control de producción, registro genealógico, análisis de componentes de la leche, calificación de la conformación del ganado, etc.

Conclusiones

Para que un PMG sea eficiente deberá contar con objetivos claros y firmes a través del tiempo.



Para poder calcular el impacto del PMG sobre las características a mejorar debemos considerar la importancia de la genética en la determinación de las mismas (heredabilidad) y las relaciones entre éstas (correlaciones genéticas).

Para calcular la importancia económica de los PMG deberemos considerar, no sólo la inversión en semen y material genético, sino todos aquellos gastos que nos permiten realizar las evaluaciones (control de producción, determinación de componentes de la leche, calificación de conformación del ganado, etc.) y los tiempos que transcurren desde la inversión hasta el retorno producto del PMG.

Referencias

- LASLEY, J. F. Genetics of livestock improvement. [s.l.] : Prentice Hall, 1978.
- VAN HORN, H. H.; WILCOK, C. J., edit. Large dairy herd management. 1999.
- WELLER, J. I. Economic aspects of animal breeding. [s.l.] : Chapman and Hall, 1994.

