

NOT  
1995/37/CS

## BASES PARA LA DEFINICIÓN DE OBJETIVOS DE SELECCIÓN EN BOVINOS DE CARNE

Jorge I. Urioste\*

### RESUMEN

El presente trabajo aborda el tema de objetivos de selección en ganado vacuno de carne, sintetizando y ordenando los principales conceptos involucrados, analizando las distintas características y sus interrelaciones genéticas y discutiendo críticamente las posibilidades y los caminos para definir objetivos de selección en el Uruguay.

Se subraya la necesidad de definir objetivos de selección como primer paso en un programa de mejoramiento genético y se detallan los pasos a seguir en su definición. Se discuten grupos de características que podrían ser consideradas dentro de un objetivo de selección:

- crecimiento y conversión de alimentos
- características maternas
- rasgos reproductivos
- facilidad de parto
- características de la canal y calidad de carne
- longevidad
- rusticidad

Se pone énfasis en distinguir claramente los objetivos (características a mejorar por su importancia económica) de los criterios de selección (características a medir para estimar el valor de cría de los animales), ya que lo contrario conduce a cambios genéticos indeseados. Se señala el uso abusivo de las medidas de peso como únicas características por las cuales seleccionar notándose carencias de conocimiento en características de la vaca como facilidad de parto y habilidad materna, y en características de la canal y calidad de carne.

Se subraya la necesidad de estimar parámetros nacionales, tanto biológicos como económicos, y poner el énfasis de la investigación en las áreas donde es más notoria la falta de conocimientos, utilizando la metodología de cálculo de objetivo de selección que se ha desarrollado internacionalmente.

- SMITH, C., 1986. Variety of breeding stock for the production-marketing range, and for flexibility and uncertainty. In Proc. World Congress on Genetics Applied to Livestock Production (3rd., jul., Lincoln). v.10, p. 14-20.
- SMITH, C. JAMES, J.W. y BRASCAMP, E.W., 1986. On the derivation of economic weights in livestock improvement. Animal Production 43: 545-551.
- TANIDA, H., HOHENBOKEN, W.D. y DENISE, S.K., 1988. Genetic aspects of longevity in Angus and Hereford cows. Journal of Animal Science 66: 640-647.
- TIER, B. y GRASER, H.-U., 1994. Developing effective genetic evaluation systems for beef cattle. In Proc. World Congress on Genetics Applied to Livestock Production (5th., 7-12 aug. . Guelph). 17: 173-179.
- WILLHAM, R.L., 1988. Performance evaluation for beef and sheep in the United States. In Proc. World Congress on Sheep and Beef Cattle Breeding (3rd., 19-23 jun., Paris). v.1 . p. 295-301.
- WOLDEHAWARIAT, G., TALAMANTES, M.A., PETTY, Jr., R.R. y CARTWRIGHT, T.C., 1977. A summary of genetic and environmental statistics for growth and conformation characters of young beef cattle (2nd. Edition). Texas A&M University. Texas Agricultural Experimental Station , Technical Report N° 103.
- WRIGHT, S., 1934. The results of crosses between inbred strains of guinea pigs, differing in number of digits. Genetics 19: 537-551.





## INTRODUCCIÓN

El objetivo central de la Producción Animal es, sin duda, satisfacer las necesidades humanas (Maijala, 1976). Por tanto, se hace necesario predecir esas siempre crecientes necesidades, como forma de dar cumplimiento a ese objetivo en el futuro. En ese contexto, la tarea clásica asignada a los animales es la de convertir forrajes y otros cultivos sin mejor valor alternativo en alimento humano. Pero, ¿qué y cuánto deben consumir, qué y cuánto deben producir esos animales? Para contestar ese tipo de interrogantes, las leyes biológicas parecen proporcionar una base más segura que las inestables relaciones económicas del mundo moderno. En esos términos, puede tomarse la eficiencia biológica —especialmente producción de proteínas— como el objetivo principal de la producción animal (Maijala, 1976).

No obstante, los aspectos económicos no pueden ser dejados de lado. Danell (1980b) discute los méritos y carencias de un modelo económico —clásicamente el enfoque de Hazel (1943), donde el objetivo último es mejorar el valor económico agregado — versus un modelo biológico, basado en la eficiencia biológica de producción. Este último enfoque ha sido sustentado por otros autores (Cartwright, 1970; Harris, 1970; Dickerson, 1970; Dickerson et al., 1974; Maijala, 1976), como base del estudio de objetivos de selección. La conclusión de Danell (1980b) es que ambos enfoques son complementarios. Una definición profunda de objetivos de selección debe necesariamente considerar términos monetarios, pero una cuidadosa consideración de los procesos biológicos y toda otra información a largo plazo deben ser incluidos.

El mejoramiento genético es una parte esencial de la producción animal. Podemos utilizar como definición de su objetivo general la utilizada por Groen (1989): **obtener una nueva generación de animales que producirán los productos deseados más eficientemente, en futuras condiciones sociales y económicas del sector agropecuario, que la actual generación de animales.** Cuáles son esos “productos deseados”; cómo éstos varían entre diferentes segmentos de la producción creando serias contradicciones (Harris, 1970; Miller y Pearson, 1979); y cómo influyen las futuras condiciones en la cantidad y calidad de esos productos, es de lo que trata la definición de objetivos de selección.

Por otro lado, la discusión de objetivos de selección se ha vuelto crucial, por una serie de razones (Maijala, 1976):

- 1) Han sucedido una serie de cambios sustanciales en la economía, tanto a nivel nacional como internacional.
- 2) Igualmente ha habido significativos avances en técnicas de manejo, alimentación, sanidad y mejoramiento genético animal.
- 3) Los frutos del trabajo genético de hoy sólo se cosecharán en el largo plazo (10-15 años). Por lo tanto es importante definir los objetivos en una etapa temprana y lo más claramente posible, de modo de no cambiarlos demasiado a menudo.
- 4) Las tasas de progreso genético han aumentado gracias al desarrollo de nuevas técnicas reproductivas (inseminación artificial, múltiple ovulación, transferencia de embriones) y sofisticados modelos de evaluación (i.e. el “modelo animal” de Quaas y Pollak, 1980).

Un mayor progreso anual trae consigo una mayor responsabilidad de aquellos que orientan el trabajo genético, de prevenir las curvas y los obstáculos del camino, por lo cual es imprescindible saber hacia dónde vamos.

- 5) La centralización del trabajo de mejora animal causado por el uso de la inseminación artificial hace que ésta influya sobre un gran número de rodeos, de modo que las consecuencias de una desafortunada elección de objetivos sería muy amplia y difícil de reparar.
- 6) El vertiginoso avance de las comunicaciones en el mundo actual ha facilitado la dispersión de ideas a veces perniciosas pero que igualmente se ponen "de moda". Personas que dominan los métodos de información pero no la Ciencia Animal, pueden, con intención o sin ella, llevar a productores y políticos a conclusiones erróneas.

En Uruguay, la tradición de la cabaña nacional, haciendo énfasis en características raciales y de tipo, y la influencia extranjera, poniendo unilateralmente el acento en características de crecimiento, han pautado el desarrollo del mejoramiento genético de bovinos de carne en las últimas décadas. La reciente adopción, en 1992, de la metodología BLUP (Henderson, 1973) para evaluación de animales, constituyendo en sí misma un decisivo avance en esta área, no resuelve el problema de cuáles caracteres deben ser evaluados. Por el contrario, agudiza la necesidad de un estudio amplio y profundo sobre las metas a lograr a través de la selección.

Pero no solamente no ha habido una reflexión seria sobre objetivos de selección dentro de cada raza, considerando éstas como una unidad en sí misma. Tampoco lo ha habido para situar a las razas existentes en el país en el contexto de sistemas de producción que se basen en cruzamientos interraciales, y por lo tanto desarrollar objetivos que se ajusten al papel que cada una de las razas cumple en esos sistemas de cruzamiento. Recordemos que Cartwright (1970) señalaba, con acierto, que las características a seleccionar dentro de razas debían ser aquellas que fueran importantes durante varias generaciones, pero que si las razas formaban parte de sistemas de cruzamientos deberían agregarse aquellas características que pudieran ser importantes en los años inmediatos, es decir en un plazo más corto.

Basado en las reflexiones anteriores, este trabajo se propone una aproximación al tema de los objetivos de selección, sintetizando y ordenando los principales conceptos involucrados, analizando las distintas características y sus interrelaciones genéticas y discutiendo críticamente las posibilidades y los caminos para definir en el país objetivos de selección para bovinos de carne.

### **OBJETIVOS DE SELECCION EN UN PLAN DE MEJORA GENETICA**

Los objetivos de selección pueden definirse operacionalmente, según Danell (1980b), como el desarrollo de un modelo bio-económico que describe las relaciones entre las características de los animales y los aspectos económicos de la población animal en consideración. Tanto Danell (1980b) como Cartwright (1970) advierten sobre la inutilidad de expresar objetivos en forma tan general como "criar mejor ganado" o "más eficiente", sin definir en qué sentido ellos debieran serlo. Este último autor sugiere la conveniencia de ser mucho más específico en la determinación de los resultados que se quieren lograr, señalando por ejemplo como

## OBJETIVOS DE SELECCION

objetivos del mejoramiento el logro de animales de alta fertilidad, más pesados al destete, de rápido crecimiento en el feed-lot, con gran porcentaje de cortes valiosos, y gran ternera de la carne.

Pero definir los objetivos de selección no es solo una tarea compleja en sí misma, sino que debe vérsela integrada a otra serie de pasos que deben realizarse en forma cíclica, a los efectos de llevar sistemáticamente adelante un plan de mejoramiento genético que apunte a mejorar la eficiencia de producción. Diversos autores (Danell, 1980a; Ponzoni, 1982, 1986; Harris et al., 1984; Johnson y Garrick, 1990) coinciden en resaltar la importancia fundamental de los objetivos de selección en relación a las demás etapas del mejoramiento genético. Solo cuando este primer paso se ha clarificado debe seguirse avanzando en las etapas posteriores. ¿Cuáles son esas etapas? Siguiendo el trabajo de Harris et al. (1984), la secuencia de pasos para diseñar un programa de Mejoramiento Animal es la siguiente:

- 1) Descripción de los sistemas de producción
- 2) Formulación del objetivo de cada sistema
- 3) Elección de la raza y sistemas de apareamiento
- 4) Estimación de parámetros genéticos y pesos económicos
- 5) Diseño de un sistema de evaluación de animales
- 6) Desarrollo de criterios de selección
- 7) Diseño del apareamiento de los animales seleccionados
- 8) Diseño de un sistema de flujo genético.

Complementariamente, Ponzoni (1986) ha definido la metodología para el desarrollo de objetivos de selección. Ella consta de cuatro fases:

- 1) especificación de sistemas de apareamiento, producción y comercialización;
- 2) identificación de fuentes de ingresos y costos en rodeos comerciales;
- 3) determinación de caracteres biológicos que influyan sobre ingresos y gastos;
- 4) derivación del valor económico de cada carácter.

A continuación, iremos comentando los puntos más relevantes, tanto del esquema de mejora como de la metodología de cálculo, en relación a la definición de objetivos de selección.

## SISTEMAS DE PRODUCCION Y OBJETIVOS DE SELECCION

Como se señalaba anteriormente (Harris et al., 1984), la definición de sistemas de producción es el primer paso en el proceso de determinación de objetivos de selección adecuados. También para Ponzoni (1986), cuando define la metodología a seguir para el desarrollo de objetivos de selección, la primera fase –de las cuatro presentadas más arriba– es la especificación de los sistemas de apareamiento, producción y comercialización. Ello implica definiciones en cuanto al papel de la raza en el sistema de producción –general, maternal, terminal–, y especificaciones en cuanto a manejo, alimentación, estructura de rodeos, edades de faena, etc. Cambios en la nutrición, el clima, la sanidad, manejos reproductivos, etc., no solo afectan la eficiencia directamente sino que pueden llevar a cambiar en forma importante los objetivos biológicos. Por esa razón, las condiciones futuras de producción deben ser anticipadas lo mejor posible (Dickerson, 1970).

Ampliando estos conceptos, Groen (1989) denomina «circunstancias de producción» a aquellas que determinan la organización y la eficiencia de la producción. Para dar una idea de la diversidad de circunstancias de producción, Groen (1989) propone una clasificación general:

- circunstancias naturales: por ej. clima, tipo de suelo y pasturas
- circunstancias sociales: niveles educacionales, tradiciones, regulaciones estatutarias, etc.
- circunstancias económicas: por ej. tipos de mercado, políticas gubernamentales, desarrollos tecnológicos, niveles de precios.

Otra clasificación ha sido propuesta por Smith (1986):

- sistemas de producción (por ej. sistemas de alimentación)
- requerimientos del mercado (sistemas de pago, diferencias por calidad)
- tipo de animales (por ej. niveles promedio de producción)
- sistema de mejora (organización del mejoramiento)
- incertidumbre.

La relación entre objetivos de selección y futuras circunstancias de producción surge de la influencia de estas últimas sobre aquellos aspectos que determinan qué características deben incluirse en un objetivo y su énfasis relativo. Estos aspectos dependen esencialmente de la importancia económica que cada una de las características posee en esas circunstancias de producción.

Debe subrayarse también que estamos hablando de «futuras» circunstancias de producción, y de objetivos que habrán de realizarse a largo plazo. Ello implica que ambos aspectos no puedan ser conocidos sin margen de error, que no son constantes en el tiempo, y que difieren entre países, regiones o establecimientos comerciales (Groen, 1989). Por esa razón, la influencia del cambio en las situaciones productivas sobre los objetivos de selección deben determinarse en un estudio profundo del tema.

## **ASPECTOS ECONOMICOS DE LOS OBJETIVOS DE SELECCION**

La producción animal tiene un objetivo esencialmente económico, y es este objetivo el que dará a un programa de mejoramiento genético su orientación. Según Harris et al. (1984), ese objetivo deberá ser expresado como una función o conjunto de funciones que describa las contribuciones de distintos aspectos del sistema (especialmente los aspectos genéticos) a la eficiencia de producción. Un modelo expresado en una sola ecuación es generalmente denominado “ecuación de beneficio” o “ecuación de mérito”. Ejemplos de este tipo de ecuaciones pueden ser encontrados en los trabajos de Harris (1970) y Miller y Pearson (1979), y específicamente para ganado de carne en Muñoz-Luna et al. (1988), Ponzoni y Newman (1989) y Newman et al. (1992).

### **Definición de mérito económico**

El mérito económico es, como se decía anteriormente, una expresión matemática que intenta, en forma simplificada, ponderar las características productivas de las unidades de producción –madres y su progenie, haciendo las necesarias consideraciones sobre costos de

## OBJETIVOS DE SELECCION

apareamiento de acuerdo a su importancia económica. Es aquí, en esta segunda fase, donde deben identificarse las fuentes de ingresos y costos en rodeos comerciales, tal como lo señalaba Ponzoni (1986). Ejemplos de como se puede considerar el mérito económico de una vaca de carne y su descendencia pueden ser apreciados en Dickerson (1970) y Harris et al. (1984). A modo de ilustración, en este último trabajo, el beneficio de una vaca de cría fue expresado de la siguiente manera:

$$LN[(W + Gd)V - d(GCf + t)] - (p - s) - L(x + Ny)$$

donde

- L es la duración de la vida reproductiva de la vaca (nº de entores)
- N es el nº promedio de hijos destetados
- W es el peso promedio de destete
- G es la ganancia media diaria pos-destete
- d es la duración del período de engorde pos-destete en días
- V es el valor por unidad de peso resultante de la composición de la canal
- C es el cociente de conversión de alimento/ganancia de peso posdestete
- f es el costo por unidad de alimento
- t es el costo diario de crecimiento posdestete (excepto alimento)
- p es el costo de una hembra lista para aparearse
- s es el valor de la hembra refugada por edad
- x es el costo por hembra y ciclo reproductivo (incluye costos de apareamiento)
- y costos adicionales predestete (aparte de los incluidos en x) por animal destetado.

### Cómo combinar costos e ingresos en la ecuación

Para obtener la máxima ganancia económica de la selección, se necesita una expresión del objetivo para animales individuales (Miller y Pearson, 1979), del cual se vio un ejemplo en el párrafo anterior. ¿Cómo se desarrolla esa función de beneficio que intenta describir las actividades de la empresa ganadera de la mejor manera posible? Uno de los primeros problemas que se plantean es la forma en que ingresos (I) y costos (E) se van a combinar. Según Harris (1970) estos pueden ser combinados de tres maneras distintas:

- 1) Beneficio = I - E
- 2) Retorno de la inversión = I/E
- 3) Costo por unidad producida = E/I

Smith et al. (1986) estudiaron las tres alternativas, concluyendo que el uso de cualquiera de los cocientes (alternativas 2 y 3) es más apropiado para estimar valores económicos que el uso de la diferencia (alternativa 1). La razón es que, si los costos fijos son incluidos, los valores económicos obtenidos cuando se aplica una ecuación de beneficio serán influenciados por el

tamaño relativo de los costos fijos y costos variables. Sin embargo, Brascamp et al. (1985) demostraron teóricamente que si al beneficio se le otorga el valor 0, las tres estrategias dan el mismo resultado.

Ponzoni (1988a) desarrolló un ejemplo con ovinos Merino Australiano, y éste resultó consistente con las predicciones de Brascamp et al. (1985). Este autor también demostró que aún cuando el beneficio no es igual a 0, el efecto de combinar ingresos y egresos en distintas formas sobre las decisiones de selección es casi despreciable. Si tenemos entonces en cuenta que el beneficio, definido como la diferencia entre ingresos y costos, depende solamente de los precios y no de los valores medios (James, 1982), la derivación de valores económicos aparece como más sencilla de realizar con esta alternativa, e igualmente eficiente que las otras.

Otra de las complicaciones de este tipo de ecuaciones de mérito es la forma de calcular ingresos y gastos, ya que en un proceso de Producción Animal, los ingresos no se reciben todos inmediatamente, y el productor tiene más interés en los ingresos inmediatos que en aquellos que percibirá en un futuro lejano. También existen, como lo ha señalado Smith (1978), diferencias en el cálculo de pesos económicos según se esté hablando de corto o largo plazo. En efecto, un programa de mejoramiento a nivel nacional no toma en cuenta los efectos de la inflación, ya que el precio del producto (por ejemplo el precio de la carne) varía en el largo plazo con la tasa de inflación. A nivel de productor, en cambio, los riesgos de no recibir los ingresos esperados en una situación inflacionaria son elevados.

En el mismo trabajo, Smith (1978) analiza el efecto de la tasa de interés, y si ésta debe considerar o no la inflación. El resultado de altas tasas de interés (8-15%) tienen el efecto de favorecer los programas de más corto plazo, ya que los ingresos se reciben en un corto período de tiempo en relación con el momento de la inversión. Este investigador introdujo el uso de la tasa de interés efectivo anual, para considerar además los efectos de la inflación.

Este tipo de problemas ha sido resuelto introduciendo el **concepto de descuento**. En otros términos, se deben llevar todos los ingresos futuros a su valor presente, basados en la premisa de que un beneficio económico es más deseable hoy, en comparación con su valor postergado a algún momento del futuro (Miller y Pearson, 1979). Uno de los desarrollos más elaborados de esta técnica aplicada al mejoramiento genético es la "técnica del flujo de genes descontado" de McClintock y Cunningham (1974). Esta toma en cuenta cuándo el genotipo de un toro se expresa en subsiguientes generaciones, y el valor económico de esa superioridad genética transmitida se retrotrae al momento presente (entore o inseminación). Nótese que usando este método, el campo de aplicación del estudio económico del mérito genético es expandida desde el nivel individual hasta el nivel poblacional.

### **Destino del beneficio**

Las características pueden ser de importancia variable, dependiendo de la posición en la estructura genética nacional en que se evalúan las mismas. En bovinos de carne, la estructura de la cría animal es de tipo jerárquico, piramidal. Los establecimientos en el ápice de la pirámide (cabañas) producen reproductores machos para la base de la mencionada estructura. Los

## OBJETIVOS DE SELECCION

establecimientos comerciales. Puede también existir un nivel intermedio, con establecimientos multiplicadores.

Las cabañas normalmente representan una pequeña parte de la población total, pero controlan la tasa de progreso genético a nivel comercial a través de la venta de reproductores. Por esa razón, para que toda la cadena productiva (cabañeros, criadores comerciales, y fases de procesamiento y consumo final) se beneficie de los avances genéticos, el objetivo de selección a nivel de cabañas debiera ser definido de acuerdo a los intereses de los productores comerciales. A la vez, toda la sociedad se beneficiaría, ya que estos establecimientos producen virtualmente toda la carne dentro del país que supuestamente se ajustará a las demandas de los consumidores (Newman et al., 1992). En teoría, entonces, el beneficiario último debería ser el consumidor, con beneficios parciales en cada eslabón, producto del mejor precio con que es recompensado el productor de animales con un mayor valor genético global (Newman y Ponzoni, 1994).

Sin embargo, esto puede ser complicado por la variación en los beneficios económicos entre diferentes eslabones de la cadena de producción, que frecuentemente tienen intereses contrapuestos. En otros términos, decisiones que pueden favorecer a un segmento provocan efectos negativos en otros segmentos de producción. Por ejemplo, en ganado de carne la selección por un mayor tamaño adulto y mejores rendimientos en el frigorífico trae también consigo animales cada vez más grandes al nacimiento, con los consiguientes problemas de parto y perjuicios económicos para el establecimiento criador. Smith et al. (1986) mostraron que el problema de diferentes pesos económicos para distintos sectores de producción puede ser resuelto mediante cambios de escala y consideraciones de todos los costos como costos variables.

La falta de integración entre los diversos estratos permite el desarrollo de conflictos de intereses entre ellos. Pero como señalan Miller y Pearson (1979), cuando todos o la gran mayoría de los integrantes de una cadena productiva adoptan una innovación tecnológica, no hay una ventaja competitiva neta para criadores o empresas individuales, sino que la sociedad como un todo se beneficia con una mayor eficiencia y precios más bajos al consumidor. Como máximo, aquellos que primero produjeron o utilizaron mejores animales habrán logrado una ventaja, pero ésta es perdida en poco tiempo, pasando todo el beneficio al consumidor. A nivel del segmento industrial, el mejoramiento genético ayudará a mantener un producto competitivo, no solamente frente a otros productos, sino también en relación a productores de otros países.

Por estas razones, está en el interés de toda la cadena de producción, procesamiento, distribución y consumo de productos, en este caso cárnicos, que haya un trabajo eficiente y armonioso entre todos los segmentos, con un consenso sobre cuáles deben ser los objetivos de selección para toda la producción de carne, de modo que todos los sectores se beneficien.

## ELECCION DE OBJETIVOS DE SELECCION

El objetivo de selección es alguna medida del mérito genético de un animal para generar beneficios (Cañón et al., 1987). A menudo se asocia con lo que comunmente se denomina "genotipo agregado" en la terminología de Hazel (1943). El objetivo de selección abarca aquellos

caracteres que deben ser mejorados genéticamente porque ellos influyen sobre los ingresos y los costos del productor. Debe quedar claro que los caracteres que se incluyen en el genotipo agregado constituyen el objetivo y no tienen necesariamente que coincidir con las variables que se miden en los animales para predecir su mérito genético, las cuales se denominan **criterios de selección**.

De acuerdo con Ponzoni y Newman (1989), los objetivos de selección deben de tomar en consideración tanto los gastos (alimentación, manejo, comercialización) como los ingresos (venta de terneros y vacas viejas) de una empresa ganadera comercial. Las decisiones sobre cuáles características debieran de ser incluidas debiera hacerse exclusivamente sobre bases económicas, y no sobre si son fáciles o difíciles de medir. Los criterios de selección estarán naturalmente influenciados por las características del objetivo de selección, pero lo contrario debería evitarse, pues puede conducir a errores de diversa índole. El no hacer clara esta distinción lleva a una serie de inconvenientes (Cañón et al., 1987):

- 1) Por no haber definido formalmente un objetivo económico, es posible que el cambio de las medias de los caracteres considerados no conlleve un aumento del beneficio económico.
- 2) Es muy probable que no se consideren caracteres económicamente importantes por el hecho de no utilizarse como criterio de selección. Consumo de alimentos podría ser un ejemplo de este tipo.
- 3) En sentido inverso, pueden llegar a considerarse dentro del objetivo características que no están asociadas directamente a costos o ingresos, como podría ser el caso de medidas de conformación o tipo racial.

A continuación, se hace una sumaria enumeración de características que podrían ser consideradas dentro de un objetivo de selección para ganado de carne.

### **Generalidades**

Hasta aquí hemos puesto el énfasis en los aspectos económicos en torno a la definición de objetivos de selección. Es el turno, siguiendo la metodología de Ponzoni (1986), de determinar las características biológicas que influyen sobre los ingresos y los gastos. La ecuación de beneficio deberá ser expresada como una función de esas características.

¿Cuáles son ellas? Siguiendo a Dickerson (1970), el costo de los productos animales depende de la eficiencia de tres funciones básicas:

- 1) producción de la hembra
- 2) reproducción
- 3) crecimiento de la progenie.

Similarmente, los productos animales son obtenidos de dos fuentes:

- 1) directamente de la hembra
- 2) del crecimiento de sus hijos.

Dickerson (1970) expresó la eficiencia biológica total como un cociente entre costos totales (hembra + progenie) y productos animales obtenidos. De allí, este autor concluye que los objetivos biológicos a considerar podrían ser los siguientes:

- 1) aumento de la tasa de producción de la hembra, con un incremento mínimo en el tamaño metabólico del animal;
- 2) aumento en la tasa reproductiva;
- 3) aumento en la eficiencia del crecimiento de la progenie en base a un consumo de alimentos más eficiente;
- 4) maduración sexual temprana que reduzca los costos de los reemplazos;
- 5) alargamiento de la vida productiva del animal;
- 6) minimización del aumento de tamaño adulto;
- 7) aumento de eficiencia a través de razas de doble propósito, ya que el aumento proporcional del valor de los productos es mayor que el de los costos.

Complementando lo anterior, Cartwright (1970) señala, con gran agudeza, que no se le ha prestado la debida atención al hecho de que los animales dentro de un rodeo cumplen diferentes funciones, y que la composición del rodeo influirá decisivamente en el énfasis dado a cada uno de las características de interés. En ese sentido, debiera considerarse la diferente importancia que se le debe asignar a las características según éstas sean vinculadas a vacas, toros o novillos (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Caracteres clasificados según su importancia en vacas, toros y novillos (Cartwright, 1970)

| Carácter           | VACA | TORO | NOVILLO |
|--------------------|------|------|---------|
| Fertilidad         | +    | +    | 0       |
| Tamaño Pequeño     | +    | 0    | -       |
| Pubertad Temprana  | +    | 0    | -       |
| Facilidad Parto    | +    | 0    | 0       |
| Prod. leche        | +    | 0    | 0       |
| Longevidad         | +    | 0    | 0       |
| Docilidad          | +    | +    | +       |
| Ganancia           | -    | 0    | +       |
| Caract. Carniceras | 0    | 0    | +       |

Las combinaciones antagónicas presentes en el Cuadro 1 son serias y resultan de la correlación entre tamaño adulto y tasa de ganancia o estado de madurez a una edad predeterminada. La alternativa más atractiva para resolver este problema es la de llevar adelante la selección en forma

separada, a través de razas maternales que pongan el énfasis en características favorables a las vacas, y de razas paternales o terminales, seleccionando por caracteres más apropiados para toros y novillos. Posteriormente, deberá hacerse uso de la complementariedad, que es definida por Cartwright (1970) como "la ventaja de una cruce sobre otra cruce o raza pura, producto de la manera en la cual dos o más características se combinan o complementan".

Según el mismo autor, la selección para líneas o razas maternales deberá poner el énfasis en:

- 1) tamaño adulto relativamente pequeño
- 2) madurez temprana
- 3) buenas cualidades maternales
- 4) facilidad de parto
- 5) buena fertilidad en hembras
- 6) buena rusticidad.

Aquí también deberían especificarse características como bajo consumo y longevidad (Richtie, 1984).

En cuanto a las líneas o razas paternales, la selección deberá ser dirigida a las siguientes características:

- 1) alta tasa de ganancia postdestete
- 2) eficiente conversión de alimento
- 3) alto rendimiento de la canal
- 4) carne tierna y palatable

No obstante, debe quedar claro que las características señaladas anteriormente para razas maternales no deben descartarse. Las razas paternales deben también mantenerse en el tiempo y cumplir eficientemente todas las funciones biológicas. Un ejemplo ilustrativo de esto es la importancia de la facilidad de parto para las razas terminales.

A continuación, se comentan los aspectos más sobresalientes de las características mencionadas.

### **Crecimiento y conversión de alimentos**

Los costos de alimentación representan sin duda el mayor gasto en la producción de carne. Por esa razón, la eficiencia en el consumo de alimento debiera ser uno de los objetivos básicos a considerar. Recordemos que esta característica tiene una alta heredabilidad (valores promedio de 0.45), a la vez que una alta correlación genética con tasas de ganancia (Woldehawariat et al., 1977). Históricamente, estas últimas han sido usadas extensivamente, debido a su facilidad de medición.

Desafortunadamente, las tasas de ganancia también están positivamente relacionadas con el tamaño adulto, con lo que una selección por mayor ganancia trae como consecuencia un aumento en el tamaño de los animales. Una alta proporción del alimento consumido en una empresa ganadera es requerida para satisfacer las necesidades de mantenimiento de los

animales, especialmente de las vacas de cría. Cuanto mayores son los animales, mayores son sus necesidades de mantenimiento, perjudicando de ese modo el balance total del sistema. Ello hace que la relación entre tasas de crecimiento y la eficiencia global del sistema de producción sea pobre (Klosterman, 1972). Como se señaló anteriormente, la solución para resolver el problema de maximizar las tasas de ganancia y también minimizar las necesidades de mantenimiento de los rodeos de cría fue delineada por Cartwright (1970), quien propuso el desarrollo separado de líneas o razas maternas y de razas paternas o terminales.

Lamentablemente, las investigaciones sobre los aspectos mencionados son escasos. En un reciente trabajo que buscaba determinar la utilidad de otras medidas de eficiencia, Bishop (1992) obtuvo valores de heredabilidad para consumo de alimento y requerimientos de mantenimiento de 0.20 y 0.11 respectivamente, con lo que estas características parecen ser más débilmente heredables que las referidas a crecimiento y composición de la canal. En el mismo estudio, no hubieron asociaciones genéticas de estas características con el porcentaje de tejido magro en la canal, aunque sí se confirmaron correlaciones genéticas positivas entre medidas de peso y ganancias. Las correlaciones genéticas entre medidas de mantenimiento y tasa de conversión de alimento son positivas y altas (0.55-0.85), posiblemente debido a que la eficiencia es gobernada en gran parte por el gasto de la energía de mantenimiento (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Heredabilidades y correlaciones genéticas y fenotípicas entre medidas de peso, consumo de alimento y utilización de la energía (extractado de Bishop, 1992)

| CARACT.     | (1)   | (2)  | (3)  | (4)   | (5)   | (6)  | (7)  | (8)  | (9)  | (10)  | (11) | (12) |
|-------------|-------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|
| T.Magro (1) | 0.47  |      |      |       |       |      |      |      |      |       |      |      |
| P 200 (2)   | 0     | 0.26 |      |       |       |      |      |      |      |       |      |      |
| P. 400 (3)  | 0.03  | 0.80 | 0.43 |       |       |      |      |      |      |       |      |      |
| TCTM (4)    |       | 0.67 | 0.9  | 0.46  |       |      |      |      |      |       |      |      |
| GPD (5)     | 0.08  | 0.49 | 0.91 | 0.88  | 0.37  |      |      |      |      |       |      |      |
| CONS (6)    | -0.16 | 0.86 | 0.89 | 0.71  | 0.75  | 0.30 |      |      |      |       |      |      |
| CPM (7)     |       |      |      |       |       | 0.64 | 0.12 |      |      |       |      |      |
| TCAM (8)    |       |      |      | -0.41 | -0.45 |      |      | 0.21 |      |       |      |      |
| TCA (9)     |       |      |      |       | -0.51 |      |      | 0.89 | 0.14 |       |      |      |
| DEP (10)    |       | 0.51 | 0.87 | 0.69  | 0.94  | 0.78 |      |      |      | 0.34  |      |      |
| MANT (11)   | 0.01  | 0.88 | 0.70 | 0.55  |       | 0.91 | 0.66 | 0.48 | 0.55 |       | 0.21 |      |
| MAPM (12)   | -0.07 |      |      |       |       | 0.48 | 0.80 | 0.69 | 0.85 | -0.03 | 0.75 | 0.11 |

T MAGRO = % tejido magro  
 P 200 = peso destete  
 P 400 = peso sobreño  
 TCTM = tasa conversión tej. magro  
 GPD = ganancia postdestete  
 CONS = consumo de alimentos  
 CPM = consumo/peso metabólico

TCA = tasa conversión alim. a t. magro  
 TCA = tasa conversión alimento  
 DEP = deposición grasa y proteína  
 MANT = energía mantenimiento  
 MAPM = mantenimiento/peso metabólico

También se observa una correlación genética alta y negativa entre tasa de conversión de alimentos (consumo de alimentos/ganancia de peso) y tasa de ganancia (-0.51), lo cual estaría sugiriendo que no sería esencial medir el consumo de alimentos, pero sí incluirlo en el objetivo de selección.

Medidas de consumo y su uso como componentes de un programa de selección pueden resultar en el mejoramiento genético de la conversión de alimento, a pesar de la correlación genética positiva y alta entre consumo y ganancia. Así lo demostraron MacNeil et al. (1991), quienes comparando la respuesta a la selección en conversión de alimento debida a la selección por crecimiento posdestete o por diversos índices que incluían consumo o composición del crecimiento, encontraron que los últimos eran más eficientes.

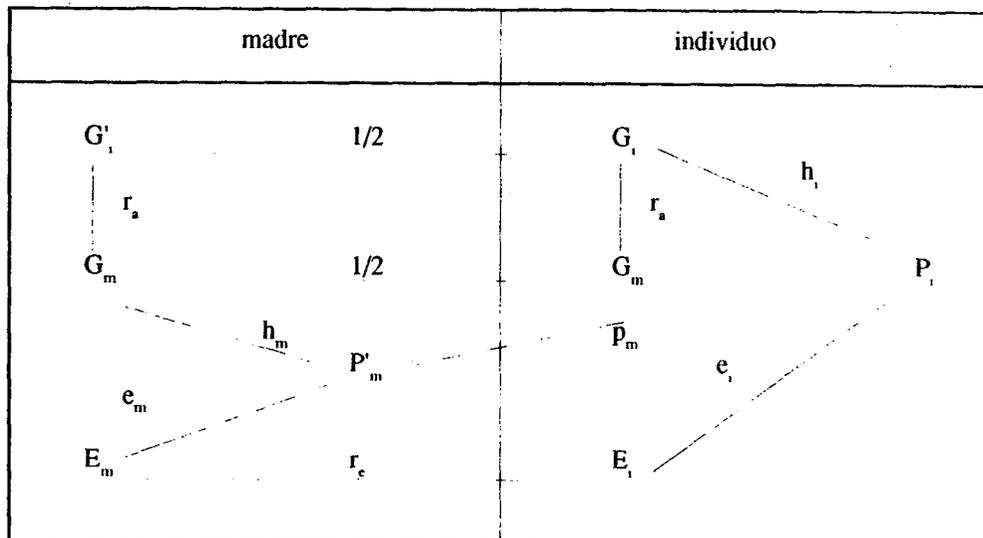
Se puede concluir que, aunque los requerimientos de mantenimiento sean identificados como la fuente mayor de costos en los rodeos de cría, muy poco se sabe de su grado de transmisibilidad genética, y de sus relaciones genéticas con el crecimiento, el consumo y conversión de alimentos o la composición de la canal. Sin duda, la eficiencia de conversión de alimento, consumo y crecimiento están interrelacionados, y cada uno de ellos no puede ser entendido totalmente sin la consideración de los otros. En ese sentido, se debe ser muy crítico con el uso unilateral de medidas de crecimiento, dadas sus relaciones desfavorables con tamaño adulto, y como se verá más adelante, con características reproductivas, de habilidad materna, de facilidad de parto, y eventualmente de calidad de carne.

### **Características maternas**

Un toro influye sobre su progenie primariamente a través de los genes que él transmite. Una vaca, sin embargo, influye sobre sus hijos no solo a través de los genes transmitidos, sino a través del ambiente materno que les brinda, ya sea su ambiente uterino como los cuidados posnatales, incluida su capacidad de producción de leche. Debe ser notado que la habilidad materna se mide a través del crecimiento de los terneros y refleja, entonces, desde el punto de vista genético, tanto la producción de leche de la madre como la mitad de los efectos directos de los genes para crecimiento, transmitidos por la madre.

El papel de los efectos maternos sobre la eficiencia de selección en ganado de carne ha sido extensamente analizada (Koch, 1972; Baker, 1980). El modelo básico de interpretación asume que un determinado valor fenotípico (por ejemplo peso al nacimiento o al destete de un ternero) estaría determinado por los efectos directos, propios del ternero, los efectos genéticos maternos originados en la vaca, y la eventual correlación genética entre estos efectos, además de los efectos ambientales directos y maternos (Fig. 1).

Fig. 1. Diagrama describiendo un valor fenotípico determinado por un efecto maternal (extraído de Koch, 1980).



En su revisión, Baker (1980) extrae las siguientes conclusiones:

- 1) Las estimaciones promedio de heredabilidad total (directa + maternal) son de magnitud importante, por lo cual se espera que la respuesta a la selección en ambas sea efectiva, aún en el caso en que una eventual correlación desfavorable entre efectos directos y maternos sea ignorada.
- 2) Para peso al nacimiento, la heredabilidad de efectos directos es aproximadamente el doble que la correspondiente heredabilidad para efectos maternos, con estimaciones de correlaciones genéticas entre ambos efectos próximas a 0.
- 3) Para ganancia diaria predestete y peso al destete, la heredabilidad de efectos maternos parece ser de la misma magnitud que la de efectos directos, a la vez que las estimaciones más confiables de correlaciones genéticas entre ambos efectos dan valores promedio de -0.13, aunque se constata una gran variación en la magnitud de las mismas.

La evidencia de una eventual correlación desfavorable entre efectos directos y maternos de peso al destete levanta la cuestión de cómo esto debería ser considerado en planes de selección. Estudios de simulación resumidos por Baker (1980) ilustran cómo una correlación negativa y alta resulta en una reducción de la respuesta esperada luego de cinco generaciones en un 80-90%, comparada con la situación donde el término de correlación es cercano a 0. Si la covarianza genética es cercana a 0, las respuestas esperadas son muy similares para distintas combinaciones de métodos de selección en machos y hembras, e independiente de si las

hembras son seleccionadas por sus valores directos, maternos, o ambos. Estudios realizados por Benyshek et al. (1988) también concluyen que el uso de covarianza 0 produce razonablemente buenas precisiones en las predicciones de valores de cría directos y maternos.

También debe tomarse en consideración el llamado de atención que realiza MacNeil (1988), en relación a los eventuales antagonismos entre crecimiento y características maternas. Este autor afirma que la selección de toros basada en un menor espesor de grasa subcutánea origina respuestas correlacionadas en sus hijas hacia mayores edades y pesos a la pubertad, mayor peso adulto, menor fertilidad y ganancia predestete materna, mayor peso al nacimiento y mayor distocia. También una selección por rendimiento de canal puede originar hembras con mayor edad a la pubertad, menos fértiles y con mayores problemas de distocia (Cuadro 3).

**Cuadro 3.-** Correlaciones genéticas entre características de crecimiento y composición de canal medidas en machos y caracteres maternos medidos en hembras (McNeil, 1988).

| Caracteres de crecimiento | Caracteres maternos |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------|---------------------|------|------|------|------|------|------|
|                           | EP                  | PP   | CS   | DP   | PN   | GPP  | PA   |
| GDP                       | 0.2                 | 0.1  | 1.3  | -0.6 | 0.3  | -1.0 | 0.1  |
| RG                        | -0.3                | -0.3 | 0.2  | -0.4 | -0.1 | -1.3 | -0.1 |
| PPM                       | 0.3                 | 0.1  | 0.3  | 0    | 0.3  | -0.3 | 0.3  |
| % PPM                     | 0.2                 | 0    | -0.5 | 0.5  | -0.1 | 1.2  | 0.1  |

GDP = ganancia postdestete

RG = recorte de grasa de 1/2 carcasa, a edad constante

PPM = producto al por menor, a edad constante

% PPM = rendimiento del producto al por menor

EP = edad a la pubertad

PP = peso a la pubertad

CS = concepciones por servicio

DP = dificultad al parto

PN = peso al nacimiento

GPP = ganancia predestete de la progenie

PA = peso adulto

En síntesis, la habilidad materna es de singular importancia en los mamíferos domésticos, y en especial en ganado de carne. El producto final de un sistema de cría, terneros pesados al destete, dependerá no solo de la capacidad de crecimiento de esos terneros, sino también de la habilidad de sus madres para criarlos.

### Caracteres reproductivos

El incremento de la eficiencia de un establecimiento depende en gran medida de la mejora en el comportamiento reproductivo de vacas y vaquillonas. Los caracteres reproductivos se caracterizan por tener una gran variación debida al ambiente, una importante proporción de la variación total debida a efectos genéticos no aditivos y pequeña varianza debida a efectos aditivos. Por esa razón, la mayoría de ellos son poco heredables, con lo cual solo se pueden esperar pequeños avances en el mejoramiento genético a través de la selección.

A pesar de su importancia económica, aún no se ha establecido claramente una medida satisfactoria de comportamiento reproductivo en hembras. Maijala (1987) ha propuesto una serie de requerimientos para que una medida reproductiva sea considerada interesante:

- 1) determinación objetiva y precisa
- 2) variación continua y normal
- 3) barata, simple y práctica
- 4) medible tempranamente en la vida del animal
- 5) independiente de la planificación humana sobre la época de parto
- 6) independiente de la habilidad humana en observar celos
- 7) posible de ser observada más de una vez
- 8) posible de ser controlada posteriormente
- 9) que abarque los distintos componentes de la fertilidad
- 10) tan heredable y repetible como sea posible.

Obviamente, no existe una medida simple que cumpla todos los requerimientos. Especial preocupación produce el segundo requisito de la lista, dado que por la naturaleza del fenómeno de la fertilidad, muchas medidas se distribuyen binomialmente, causando numerosos problemas de procesamiento estadístico y posterior interpretación de los resultados obtenidos.

A nivel lechero se ha utilizado el **intervalo interparto**, una variable con escala continua, como medida de eficiencia reproductiva. Sin embargo, en producción de carne normalmente el período de servicio es relativamente corto, por lo que esta medida no aporta información adicional sobre el uso de **fecha de parto**, que a su vez tiene mayor heredabilidad y repetibilidad que aquella (Bourdon y Brinks, 1983; López de Torre y Brinks, 1990).

Las heredabilidades de fertilidad e intervalo interparto varían entre 0.01 y 0.05 (Maijala, 1987; Meacham y Notter, 1987; López de Torre y Brinks, 1990), mientras que los valores estimados para fecha de parto se sitúan por encima de esas cifras (Meacham y Notter, 1987; Meyer et al., 1990). Buddenberg et al. (1990), trabajando con ganado Hereford en condiciones

extensivas y con monta natural, encontraron mayor variación genética ( $h^2=0.39$ ) en la variable fecha de parto si se incluían las hembras falladas y solo se estudiaba el primer parto. Los estudios mencionados sugieren que es posible lograr una respuesta a la selección por fecha de parto, especialmente en aquellos rodeos con una corta estación de parto. Ventajas adicionales de la selección por partos tempranos serían menores pesos al nacimiento, menor dificultad en los partos y mayor tiempo de recuperación entre parto y nuevo servicio (Buddenberg et al., 1990).

Sin embargo, en un estudio que examinó las consecuencias de incluir alternativamente porcentaje de parición o día de parto como caracteres reproductivos dentro de un objetivo de selección para ganado de carne, Ponzoni (1992a) encontró, sorpresivamente, mayores ganancias genéticas en reproducción usando la primera característica. Los resultados pueden, sin duda, depender de los supuestos genéticos y económicos hechos en el mencionado trabajo. De todos modos, el autor señala que las diferencias de resultados entre los caracteres mencionados son pequeñas en comparación con el efecto de ignorar totalmente la reproducción. La elección dependerá fundamentalmente de consideraciones de naturaleza no genética, como facilidad de incorporación al sistema de registros, o grado de entendimiento y aceptación por parte de los productores (Ponzoni, 1992a).

También Newman et al. (1992) subrayan la importancia de la inclusión de caracteres reproductivos, y entre ellas la potencial utilidad de la circunferencia escrotal para mejorar la selección por reproducción. Recordemos que esta última característica tiene una heredabilidad de moderada a alta, es fácil de medir y está genéticamente correlacionada con medidas reproductivas en la hembra (Lunstra et al., 1988). En conclusión, entonces, los caracteres reproductivos deben estar contemplados en todo plan de selección de ganado de carne.

### **Facilidad de parto**

Un parto normal finaliza con madre y ternero sanos, sin intervención humana. Por el contrario, pérdida del ternero y a veces de la vaca debido a problemas de parto (distocia) pueden ser un factor muy importante en la disminución del número de terneros destetados, especialmente en vacas primíparas. La distocia es a menudo el resultado de un grupo de factores denominado "complejo de incompatibilidad feto-pélvico" (Meijering, 1984), de los cuales el tamaño del ternero en relación al tamaño de la madre parece ser el más importante.

Complementariamente, el fenotipo observado está ordenado en forma de pocas categorías subjetivas, aunque se asume una herencia poligénica. El modelo de umbrales de Wright (1934) puede ser postulado a los efectos de conectar las categorías observables con una variable conceptual, no observable y distribuida normalmente, determinada por numerosos efectos ambientales y genéticos que actúan en forma aditiva, independiente y homogénea.

Es sabido que la heredabilidad en la escala subyacente, no observable, es mayor que la heredabilidad en la escala observable (Dempster y Lerner, 1950). En el Cuadro 4 se presentan heredabilidades obtenidas en recientes estudios.

**Cuadro 4.** Algunos valores estimados para heredabilidades de dystocia usando modelos de umbrales (extractado de Manfredi et al., 1991)

| Fuente | Raza      | Nº Categorías | h <sup>2</sup> |
|--------|-----------|---------------|----------------|
| 1      | Holstein  | 5             | 0.136          |
| 1      | "         | 5             | 0.127          |
| 2      | "         | 2             | 0.054          |
| 3      | "         | 2             | 0.250          |
| 3      | Braunvieh | 2             | 0.157          |
| 3      | Simmental | 2             | 0.245          |
| 4      | Charolais | 2             | 0.263          |
| 4      | "         | 4             | 0.159          |
| 5      | Normando  | 3             | 0.080          |
| 5      | Holstein  | 3             | 0.070          |
| 6      | Ayrshire  | 4             | 0.022          |
| 7      | Charolais | 3             | 0.107          |
| 8      | Holstein  | 4             | 0.011          |

(1) Djemali et al., 1987; (2) Weller et al., 1988; (3) Hagger y Hofer, 1990; (4) Renand et al., 1990; (5) Manfredi et al., 1991; (6) Cue, 1990; (7) Tong et al., 1977; (8) Cue y Hayes, 1985.

Los bajos valores de heredabilidad sugieren que el progreso logrado en reducir problemas de parto a través de la selección directa será lento. Selección por menor peso al nacimiento podría reducir las dificultades de parto en el corto plazo, pero tendría efectos negativos en el crecimiento de los terneros, dadas las correlaciones genéticas positivas entre ambas características (0.7 según Naazi et al., 1990). Por otro lado, se podría pensar en selección por tamaño adulto, ya que las vacas más grandes tendrán mayor área pélvica y por lo tanto partos más fáciles. Sin embargo, vacas más grandes a su vez producen terneros que pesan más al nacer. Por esta razón, selección por aumento del peso adulto de las vacas no parece un camino efectivo para disminuir las dificultades de parto.

Medidas de área pélvica, por el contrario, parecen resultar más exitosas en la selección por mayor facilidad de parto que las mencionadas anteriormente. Morrison et al. (1986) reportaron heredabilidades altas - entre 0.59 y 0.82 - para diversas medidas de pelvis en vacas puras y cruza. servidas por toros Angus y Hereford. Las correlaciones genéticas entre medidas pélvicas fueron positivas y altas, pero desafortunadamente las correlaciones entre estas y peso de la vaca también fueron positivas, aunque los errores estándar obtenidos en ese estudio fueron

grandes. Esto indicaría que selección directa por mayor tamaño pélvico produciría aumentos en el peso de la vaca y presumiblemente también en el tamaño adulto. Estos resultados son confirmados por el estudio de Naazi et al. (1990). Estos autores, además, determinaron que las correlaciones entre dificultad de parto y dimensiones pélvicas fueron negativas y moderadas (Cuadro 5). Esto significa que, genéticamente, hembras con mayores áreas pélvicas debieran tener menos problemas al parto, aunque por ahora debe tenerse cuidado con las conclusiones, ya que los errores estándar son importantes.

**Cuadro 5.** Correlaciones genéticas y fenotípicas entre 3 tipos de registros de dificultad al parto como característica de la vaca, y peso y tamaño pélvico de la vaca (Naazi et al., 1990)

|                    | Escala de dificultad de parto |       |                         |       |                |       |
|--------------------|-------------------------------|-------|-------------------------|-------|----------------|-------|
|                    | Escala sin corregir           |       | Registros transformados |       | Escala binaria |       |
|                    | G                             | P     | G                       | P     | G              | P     |
| Peso vaca al parto | -0.79±0.34                    | -0.27 | -0.80±0.34              | -0.28 | -2.94±0.52     | -0.25 |
| Diámetro pélvico   |                               |       |                         |       |                |       |
| Horizontal         | -0.28±0.33                    | -0.21 | -0.30±0.32              | -0.20 | -0.19±0.42     | -0.15 |
| Vertical           | -0.44±0.24                    | -0.18 | -0.36±0.22              | -0.16 | -0.41±0.31     | -0.10 |
| Area pélvica       | -0.45±0.30                    | -0.23 | -0.43±0.26              | -0.21 | -0.42±0.39     | -0.15 |

En conclusión: las relaciones entre facilidad de parto, tamaño de la vaca, peso al nacimiento y medidas de área pélvica son complejas y muchas veces desfavorables. Una forma de considerar estas relaciones es a través de índices de selección que limiten el aumento en peso al nacimiento o peso de la vaca, a la vez que favorecen el aumento del área pélvica o directamente de la facilidad de parto.

Dependiendo de las razas, puede ser factible que la característica facilidad de parto no sea de primera importancia económica, y que sea suficiente con aplicar niveles mínimos o máximos de aceptación, en aplicación del método de niveles independientes de rechazo.

Por último, los criadores pueden minimizar la frecuencia de partos difíciles apareando las vaquillonas con toros seleccionados por bajo peso al nacimiento, aunque con aceptables valores de cría en otras características.

### **Características de la canal y de calidad de carne**

Estas características, si bien de importancia económica, como lo atestigua su inclusión dentro de los objetivos de selección en razas de carne (Ponzoni y Newman, 1989; Newman et al., 1992; Simm et al., 1990), no han recibido hasta el momento la atención dispensada a características de crecimiento.

Debe distinguirse claramente entre características de la canal o de composición de la misma y características de calidad de carne. En el primer grupo se pueden mencionar: peso a la faena, peso de canal, puntajes de conformación y grasa, largo de canal, rendimiento de la canal (More O'Ferrall et al., 1989). Algunas características del segundo grupo son: espesor de grasa subcutánea, grasa intramuscular (veteado), concentración de mioglobina muscular, pH muscular, textura, terneza, intensidad del sabor y jugosidad, entre otros (Dikeman, 1990).

Según Dikeman (1990), dentro del término "calidad de carne" se pueden hacer consideraciones visuales, gustativas, nutricionales y de seguridad (higiene, residuos químicos). Este autor separa las características "intrínsecas", relacionadas a alguna propiedad fundamental del músculo, colágeno o grasa y que son afectados por factores tanto ambientales como genéticos, de los factores "extrínsecos", relacionados a la comestibilidad y seguridad del alimento cocinado, que están afectados predominantemente por factores ambientales.

Factores ambientales como edad a la faena, regímenes de manejo y alimentación, tratamiento pre-faena, condiciones de enfriamiento post-mortem, higiene del procesamiento, tratamientos físicos y procedimientos de preparación de alimentos, pueden tener un efecto más importante sobre la calidad de la carne que los efectos genéticos. Por otro lado, si la producción y el procesamiento de la carne se realiza de acuerdo a procedimientos y tecnologías recomendadas, los efectos genéticos pueden ser más grandes que los ambientales.

La variación que existe en estas características es importante y bajo un buen grado de dominio genético. No obstante, las dificultades para estimar efectos genéticos son muchas. Tradicionalmente, el principal problema era la necesidad de sacrificar un número elevado de animales, normalmente medio-hermanos entre sí, los cuales debían ser cuidadosamente controlados en sus fases de producción y posterior faena. Debe considerarse también que en situaciones comerciales reales, los frigoríficos no poseen la capacidad suficiente para llevar a cabo estudios pormenorizados y de cierta complejidad técnica.

En menor medida, esas dificultades subsisten cuando se trata de técnicas hoy disponibles que permiten medir algunas variables tales como espesor de grasa y área del ojo del bife en animales vivos, pero a costos significativos (Tier y Graser, 1994). Por esas razones, los efectos genéticos en características de canal y calidad de carne pueden clasificarse en dos grupos (Dikeman, 1990): 1) aquellos para los cuales existen razonablemente precisas estimaciones de heredabilidad y 2) aquellos para los cuales las diferencias entre los tipos biológicos son conocidas, pero no su heredabilidad. En el Cuadro 6 se presentan heredabilidades de algunas características de la canal y calidad de carne.

En el Cuadro 6 se puede apreciar que la gran mayoría de los caracteres de la canal tienen heredabilidades de moderadas a altas, mientras que con una excepción, las heredabilidades de características de calidad fueron bajas ( $<0.1$ ).

Según Dikeman (1990), además del espesor de la grasa subcutánea, hay solo 3 características en las cuales la heredabilidad es lo suficientemente importante, o la información sobre diferencias raciales lo bastante contundente como para lograr mejoramientos en calidad por la vía genética. Uno de ellos es la cantidad de grasa intramuscular, o veteado de la carne, que cuenta con estimaciones promedio de heredabilidad de 0.42. El veteado es una característica deseable, por cuanto asegura una aceptable calidad en el sabor y la palatabilidad del alimento. Sin embargo, hasta el momento no existe forma de evaluarlo en animales vivos, por lo que debe recurrirse a pruebas de progenie y sofisticadas pruebas de laboratorio. También debe señalarse el antagonismo genético que existe entre baja cantidad de grasa subcutánea y alto contenido de grasa intramuscular, aunque se pueden obtener animales con niveles deseables de veteado intramuscular, con un nivel aceptable de espesor de la grasa dorsal.

**Cuadro 6.** Estimados de heredabilidad para características de carnal y calidad de carne en raza Friesian (More O'Ferrall et al., 1989)

| CARACTERISTICA       | $h^2$       |
|----------------------|-------------|
| peso de faena        | 0.43 ± 0.24 |
| peso de carcasa      | 0.32 ± 0.23 |
| largo cuarto trasero | 0.73 ± 0.27 |
| largo de carcasa     | 0.12 ± 0.20 |
| puntaje de           |             |
| conformación         | 0.24 ± 0.21 |
| grasa                | 0.11 ± 0.20 |
| jugosidad            | 0.06 ± 0.19 |
| sabor                | 0.01 ± 0.18 |
| terneza              | 0.09 ± 0.19 |
| intensidad sabor     | 0.43 ± 0.24 |

La terneza de la carne es una segunda característica que es afectada genéticamente, tanto entre como dentro de razas. Su limitación para aplicaciones comerciales surge de que solo puede ser determinada a partir de muestras de carne. El método más práctico para mejorar genéticamente la terneza parece ser el uso de aquellas razas destacadas por las características de su carne en ese sentido.

En tercer lugar, la textura de la carne dada por el tamaño de las fibras y/o haces musculares parece ser lo suficientemente afectada por los aspectos genéticos como para poder llevar a cabo selección por mayor número de fibras y contra el tamaño de las mismas. Como es obvio, esta característica es la menos señalada para ser usada en esquemas prácticos, dada la naturaleza de

## OBJETIVOS DE SELECCION

los estudios histológicos involucrados (Dikeman, 1990). Nuevamente, el camino parece ser el de utilizar en el trabajo genético aquellas razas con mejor textura.

Otra materia de discusión muy importante es la posibilidad de efectos antagonicos entre calidad de carne y ganancia. Aunque los estudios sobre parámetros genéticos en calidad de carne son limitados, una revisión hecha por Averdunk et al. (1990) en esta materia sobre trabajos alemanes con la raza Simmental y cruza con Friesian muestra que las heredabilidades son de bajas a moderadas. Las correlaciones genéticas de estas características con ganancia mostraron una gran variación, con una leve tendencia antagónica, del orden de  $-0.20$ . La misma tendencia existe en la relación entre medidas de composición de la canal y medidas de calidad de carne. Los autores concluyen que al presente nivel de la población estudiada no se esperan efectos negativos pronunciados, aunque deberá existir un control tal que advierta a tiempo cambios desfavorables en la calidad de los productos.

El tema calidad de carne debe ser considerado una prioridad dentro de los futuros caminos a recorrer por la industria nacional en aras de encontrar nuevos mercados para sus productos. La herramienta genética adecuada parece ser una correcta elección y combinación de razas, dadas las dificultades de medición e integración de esas medidas en planes de selección. Complementariamente, la estandarización de procedimientos de control de los efectos ambientales debe ser una necesidad impostergable.

### Longevidad

La longevidad del ganado de carne, y especialmente de las hembras, puede ser definido como el tiempo de vida reproductiva. La longevidad promedio de un rodeo afectará los retornos económicos de diversas maneras (Tanida et al., 1988):

- 1) determinando la proporción de hembras que deben ser retenidas como reemplazos;
- 2) afectando el costo anual de depreciación de las vacas;
- 3) la estructura del rodeo, dependiente de la longevidad, también influirá sobre los pesos promedio al destete;
- 4) determina el intervalo generacional y por lo tanto las tasas de progreso genético alcanzables.

Económicamente, hay una edad óptima de refugo que balancea estos efectos, y que estudios de simulación citados por Tanida et al. (1988) sitúan entre 8 y 11 años de edad.

El citado estudio comprobó la existencia de una moderada variación genética (heredabilidades alrededor de  $0.20$ ) para características como tiempo entre primer parto y refugo, edad de refugo y número de terneros destetados de por vida. Sin embargo, la medición directa de estas características conduciría a un lento progreso genético anual, debido al aumento del intervalo generacional. Una forma de superar esta dificultad sería seleccionar por una característica medida tempranamente en los animales y correlacionada con medidas de longevidad. Desafortunadamente, ninguno de los caracteres expresados tempranamente en la vida de los animales

(peso al nacimiento, peso al destete, condición corporal al destete) pudieron ser considerados en el trabajo mencionado como predictores confiables del mérito genético por longevidad (Tanida et al., 1988).

### **Rusticidad**

En esquemas comerciales de producción de carne, los aumentos de productividad son usualmente logrados o bien por la mejora del ambiente (alimentación, sanidad, manejo), o bien por el uso de animales bien adaptados al ambiente alterado. Se puede entonces hablar de rusticidad en términos de la capacidad que los individuos tienen de adaptación ambiental (Frisch y Vercoe, 1982). Los componentes de la rusticidad están relacionados con variables nutricionales, climáticas y sanitarias (niveles de parásitos y diversas enfermedades), las cuales a su vez interactúan entre ellas.

Sin embargo, los autores mencionados sostienen que difícilmente las modificaciones ambientales resolverán todos los problemas asociados con altos niveles de estrés ambiental. Los parásitos han repetidamente desarrollado resistencia a los productos químicos usados para su control; cambios climáticos de consideración no son posibles de lograr; muchas enfermedades son difíciles o imposibles de controlar en sistemas de pastoreo extensivo; períodos anuales de subnutrición son características comunes en sistemas de producción de carne. Esto permite suponer que la solución a largo plazo no está en un profundo cambio ambiental, sino en el desarrollo de métodos eficientes para lograr animales más resistentes.

Frisch y Vercoe (1982) compararon razas adaptadas a condiciones templadas (Hereford x Shorthorn), a condiciones tropicales húmedas (Brahman) y sus cruza respectivas. A niveles altos de estrés, la raza Brahman mostró mayor crecimiento predestete. Sin embargo, en condiciones de bajo estrés ambiental, la tasa de ganancia de peso está determinada por el potencial de crecimiento. En esas condiciones, las cruza Hereford-Shorthorn mostraron un mayor crecimiento que la Brahman.

En resumen, el resultado de las interacciones entre potencial de crecimiento y nivel de adaptación es finalmente expresado como diferencias –entre razas o animales– en tasas de crecimiento. De esta manera, selección por alta tasa de ganancia en un ambiente pobre aumentaría la resistencia a dicho estrés ambiental. Este enfoque aparece como el camino más simple y eficiente de mejorar la adaptación, ya que elimina la necesidad de desarrollar técnicas para estudiar resistencia e integrar todas las variables que actúan sobre el animal.

Sin embargo, el potencial de crecimiento y la capacidad de adaptación parecen estar negativamente correlacionados (Frisch y Vercoe, 1982), con lo que cambios en los niveles de estrés (diferencias entre estaciones, años, lugares geográficos) favorecerían alternativamente a uno o a otro, retrasando los eventuales progresos en el nivel genético de ambas características. Por ejemplo, se espera que animales con altas tasas de crecimiento aumenten su consumo y su tasa metabólica por unidad de peso vivo, con lo que serán mucho más sensibles a niveles nutricionales bajos y a altas temperaturas. Por esa razón, métodos más eficientes que la selección indirecta son necesarios. Los nombrados investigadores resumen algunos avances en selección contra parásitos internos y externos, altas temperaturas y bajos planos de nutrición.

## OBJETIVOS DE SELECCION

Recientemente se han publicado nuevas investigaciones en ese sentido (Horst y Mathur, 1990; Leng, 1990).

Ponzoni (1992b) ha analizado las contradicciones entre producción y adaptación con un enfoque distinto. Para este autor, la idea de compatibilizar el genotipo con el ambiente implica comprender que para la empresa ganadera hay parámetros de mayor trascendencia que el nivel alcanzado en algunos rasgos aislados (p.ej. crecimiento). En ese sentido, la eficiencia de la empresa como conjunto se torna en el elemento decisivo. Hay que empezar a aceptar que los valores extremos de producción no constituyen necesariamente una meta deseable, y que una selección unilateral lleva a que inadvertidamente se deterioren otros aspectos.

En otros términos, la inadecuada definición del objetivo de selección de la raza es la causa principal del antagonismo entre adaptación y producción. Por esa razón, Ponzoni (1992b) recomienda que la definición de objetivos de selección debe ser lo más exhaustiva posible, incluyendo todas las características asociadas a los ingresos y a los costos. Trabajando de esa manera, el riesgo de que la selección resulte en problemas de adaptación será casi nulo.

## PESOS ECONOMICOS

La última fase propuesta por Ponzoni (1986) para el desarrollo de objetivos de selección se refiere a la derivación del valor económico de los caracteres elegidos para ser mejorados genéticamente. Los aspectos económicos han sido ya tratados abundantemente. Los conceptos que siguen intentan en forma breve comentar los aspectos metodológicos, respetando así el orden establecido en el trabajo de Ponzoni (1986).

El valor económico de una característica expresa la contribución del mejoramiento genético de esa característica a la mejora de la eficiencia económica del sistema de producción. Asumiendo que la eficiencia es una función de entradas y salidas del sistema (ingresos y egresos), y que entradas y salidas tienen un aspecto de cantidad y otro aspecto de valor por unidad, la derivación de valores económicos implica (Groen, 1989):

1. cuantificación de los cambios en cantidades físicas de las entradas y salidas del sistema, como consecuencia del cambio en el mérito genético;
2. valoración de esos cambios en cantidades físicas, en términos monetarios.

Hazel (1943) definió el peso económico relativo de cada carácter como el beneficio marginal que se obtiene por cada unidad de aumento de ese carácter. Harris (1970), por su parte, lo definió más formalmente como la derivada parcial del genotipo agregado con respecto a cada carácter en el punto de los valores genotípicos medios. Esto significa que el valor económico de cada característica debe ser derivado haciendo variar el mérito genético de esa característica en una unidad, y simultáneamente manteniendo constante el mérito genético de las demás características.

La metodología de derivación de valores económicos ha sido extensamente revisada (Schlote, 1977; Danell, 1980b; Groen, 1989). Este último autor distingue dos tipos de métodos:

no objetivos y objetivos. Los primeramente nombrados no derivan directamente los valores económicos, y pueden a su vez dividirse en:

- subjetivos: asignación subjetiva de valores económicos a características en donde es difícil de realizar cálculos objetivos (p.ej. puntaje en conformación) o cuando las señales de mercado son inexistentes o poco claras;
- progreso genético deseado: este método asigna los pesos económicos adecuados que permitan lograr la ganancia genética deseada. Esta alternativa puede ser usada por ejemplo para obtener un valor económico tal que el peso al nacimiento de los terneros no aumente. Estas alternativas y su uso conjunto con los procedimientos clásicos han sido recientemente discutidas por Newman y Ponzoni (1994).

En cuanto a los métodos objetivos, la principal herramienta para derivar valores económicos es un modelo. El modelo puede ser expresado en términos de ecuaciones, las ecuaciones de beneficio que fueron anteriormente analizadas, y los pesos económicos calculados a partir de la diferenciación parcial de dichas ecuaciones o de una evaluación numérica de la ecuación, que rinde iguales resultados.

### CRITERIOS DE SELECCION

Hasta el momento, todo el proceso de desarrollo de objetivos de selección ha implicado esencialmente la toma de decisiones basada en conceptos económicos. Las consideraciones genéticas más detalladas comienzan a ser relevantes cuando llega el momento de la evaluación de los animales. A modo de ejemplo, se puede dar la situación en que alguna característica del objetivo de selección pueda ser difícil o muy cara de medir, y será entonces conveniente utilizar caracteres, criterios de selección, que sean posibles de medir a nivel de establecimiento y tengan correlaciones genéticas altas con los caracteres del objetivo de selección.

Cada criterio debe ser desarrollado como una función matemática, correctamente ponderada, de los caracteres directos e indirectos importantes, de los individuos y sus parientes más próximos (Harris et al., 1984). Este paso está estrechamente ligado a los anteriores señalados por estos mismos autores (elección de razas y sistemas de evaluación) y frecuentemente se desarrolla simultáneamente a ellos.

Estos investigadores clasificaron las características de importancia para una evaluación genética en cinco categorías generales:

1. Caracteres como peso al nacimiento, peso al destete o tasa de crecimiento posdestete se miden fácilmente en cada individuo sin mucho gasto.
2. Algunos caracteres, como la edad a la pubertad y eficiencia alimenticia, se pueden medir pero exigen más trabajo o medios especiales.
3. Otros caracteres solo se pueden medir cuando el animal se reproduce, como por ejemplo fertilidad, fecundidad, peso al nacimiento y características maternas.

## OBJETIVOS DE SELECCION

4. Caracteres adicionales, como características de la canal, o mérito de los toros para caracteres maternos, que no se pueden medir en los candidatos y deben de ser medidos en sus parientes.
5. Caracteres que no se pueden medir hasta que el animal no haya completado su vida reproductiva, como por ejemplo longevidad, medidas de fertilidad a lo largo de la vida, y caracteres de crecimiento en los descendientes. Los caracteres en esta última categoría tan sólo pueden evaluarse a través de sus ancestros o de caracteres indicadores.

Por otro lado, Pearson y Miller (1981) proporcionan una clasificación más práctica de agrupación de características que pueden ser utilizadas como objetivos de selección:

1. Caracteres que pueden ser controlados mediante visitas periódicas a los establecimientos, y cuya distribución es continua o cuasi-continua. Es el caso del registro de peso a diversas edades de los animales, o del uso de escalas de puntuación por conformación.
2. Caracteres que necesitan ser suministrados por el criador y que dependen de la variable "tiempo": edad al primer parto, intervalo interpartos, fecha de parto, etc.
3. Caracteres discretos que también necesitan ser aportados por el criador, tales como dificultad al parto, nº de servicios por concepción, etc.
4. Caracteres que podrían medirse en el caso de probar los toros en estación de prueba, como por ejemplo consumo individual de alimento.

En Europa, los criterios de selección más comunmente usados son diversos pesos vivos o tasas de crecimiento, escalas subjetivas de puntuación, ya sea en los animales vivos como en sus canales, y facilidad de parto. Consumo de alimentos o eficiencia de conversión son medidos en algunos países, mientras que en otros pocos se llevan a cabo medidas de ultrasonido para grasa o músculo (Simm et al., 1990).

En Estados Unidos, las variables medidas se han centrado en registros de peso en diferentes etapas del crecimiento del animal: al nacimiento, al destete, y otras medidas pos-destete (Willham, 1988). El peso al destete se ha considerado tanto desde el punto de vista del ternero (efecto directo) como del de la madre (efecto maternal). Por otro lado, el subsector ganadero está comenzando a explorar la posibilidad de incorporar nuevas medidas, como circunferencia escrotal, otras medidas de fertilidad en la hembra, y a más largo plazo, características de canal (Benyshek et al., 1988).

Por su parte, Ponzoni (1988b) describe la situación australiana en materia de evaluación de ganado de carne. Las características evaluadas son peso a los 200 (destete), 400 (año), y 600 días (peso final). Al destete se consideran los efectos directos y maternos, y existe la opción de tener en cuenta los pesos al nacimiento. Actualmente se está estudiando el modo de introducir características reproductivas en la evaluación.

En Argentina, Brasil y Uruguay, los sistemas de evaluación están en pleno desarrollo, con pautas muy similares a las desarrolladas por el modelo estadounidense. Hasta el momento, las evaluaciones genéticas solo consideran medidas de peso y ganancias pre- y pos-destete (H.

Guitou, com. pers.; L. Fries, com. pers.). En el primer nombrado de los países se estima además el efecto maternal expresado en el peso al destete de los terneros.

### REFLEXIONES FINALES

A lo largo de la presente revisión, se ha intentado demostrar que en la producción de alimentos a partir de la ganadería de carne, la economía y la biología deben ir de la mano.

Por un lado, se quiso destacar la importancia de un conocimiento profundo de los procesos biológicos, considerando en su justa complejidad las relaciones genéticas que existen entre diversas características que pudieran ser consideradas de importancia económica. Por otro lado, se subrayó con énfasis que la ganadería es una actividad económica. Esto quiere decir que esa actividad es llevada adelante por gente concreta, que vive de la misma y quiere darle a su empresa la mayor eficiencia posible, y cuyos productos finalmente llegan a un consumidor que quiere buena calidad y precios razonables.

Ese sistema de producción de carne vacuna debe verse como una cadena formada por diversos eslabones, entre los cuales existen a veces notorias contradicciones en cuanto a qué características deben de tener prioridad en el mejoramiento genético. Por ejemplo, para el segmento criador, la fertilidad, la facilidad de parto, el peso al destete y características maternas en general, juegan un papel muy importante en su economía. Al subsector invernador, en cambio, le interesa que los novillos tengan una alta tasa de ganancia y una rápida terminación. Del mismo modo, el subsector industrial prioriza tanto el peso y la composición de la canal como su calidad. Por último, al subsector distribuidor y al eslabón final, el consumidor, le interesa que la calidad del producto sea adecuada. En la práctica, no existe a ningún nivel una definición acabada de lo que implica el término calidad, y mucho menos la conciencia generalizada a nivel de productor de qué tipo de productos finales son requeridos, tanto por el consumidor interno como el externo.

La eficiencia económica global del sistema pasa por una armonización de los diferentes segmentos del sistema. Para llegar allí, habrá que desarrollar programas de extensión que ayuden a reducir los potenciales conflictos de interés, y que estén sustentados por una investigación científica aplicada que aporte soluciones a los problemas planteados. Pero quizás el camino principal sea el de mejorar las imperfecciones en el modo cómo el mercado evalúa la calidad del producto a través del precio pagado a los productores. El precio de mercado es la señal que guía a los productores en cuanto a qué producir. Quizás sea hora, como lo sugiere Ponzoni (1982), de que aquellos que producen animales de valor genético comprobadamente superior, sean recompensados por ello a través de precios diferenciales acordes con la necesidad de lograr productos de excelente calidad.

La revisión también pone énfasis en separar conceptualmente objetivos y criterios de selección. Mientras los primeros son definidos como aquellas características que se quieren mejorar por su importancia económica, independientemente de la facilidad de su medición y grado de herencia, los segundos son aquellas variables, genéticamente correlacionadas con los objetivos, y que se miden en los animales para predecir su valor genético.

La falta de una distinción clara entre objetivos y criterios ha llevado a seleccionar por características fácilmente medibles como lo son aquellas relacionadas con el crecimiento. Por esa razón, se ha puesto demasiado acento en características de crecimiento, en detrimento de características relacionadas con los aspectos maternos. Ello ha traído una serie de consecuencias negativas, debido a las complejas relaciones que existen a nivel genético en los bovinos de carne. Entre esas consecuencias se puede mencionar el aumento de las necesidades de consumo de los animales, debido al aumento de su tamaño adulto, y los efectos desfavorables sobre características reproductivas, de facilidad de parto y de habilidad materna, todas características de la vaca. En algún caso se ha constatado también un empeoramiento de la calidad de la carne, debido a una correlación genética negativa, aunque moderada, entre calidad y cantidad de producto.

En conclusión, se ha trabajado muy poco sobre la parte maternal, y lo mismo puede decirse de las características de la canal y de calidad de carne. La habilidad materna ha demostrado una importante variación genética aditiva (Baker, 1980), con lo que la selección dentro de razas parece ser un camino accesible. Por otro lado, Dikeman (1990) ha fundamentado la elección y uso de los tipos biológicos más aptos para mejorar los aspectos de características de la canal y calidad de carne, debido a las dificultades prácticas de evaluación de características de esta naturaleza.

La especialización de las razas ha sido señalada como una de las mejores formas de maximizar la eficiencia de producción a nivel de establecimientos comerciales (Cartwright, 1970). Una selección apropiada dentro de razas especializadas nunca es menos eficiente que la selección de muchas características en una sola raza, y puede ser mucho más eficiente en los casos en que la relación genética entre el comportamiento directo y el maternal sea adverso (MacNeil, 1988). Debemos tener presente que al aumentar el número de características a seleccionar disminuye el peso relativo puesto en cada una de ellas individualmente. Mc Daniel (1976) calculaba que - asumiendo que no existe correlación genética entre caracteres - si se logra un progreso genético de 100% mediante la selección de un solo carácter, este progreso disminuye a 71% si son dos las características, y a un 50% si son cuatro.

En un esquema ideal, entonces, las razas debieran seleccionarse por pocas características, las razas paternas prioritariamente por los efectos directos relacionados a crecimiento, y las razas o líneas maternas por los efectos directos y maternos, con una mayor ponderación puesta en estos últimos. En la práctica concreta, sin embargo, todas las razas han avanzado hacia un mismo lado, hacia animales de mayor tamaño, perdiendo de vista la utilización de otras herramientas genéticas como lo son el uso de la complementariedad y la heterosis a través de planes de cruzamiento.

En resumen: la revisión ha demostrado la fuerte necesidad que existe de darle a la definición de objetivos de selección un papel más central dentro del mejoramiento genético. Los desafíos del momento actual son decisivos para nuestras futuras posibilidades como país. Debemos maximizar nuestra eficiencia económica, debemos saber hacia dónde vamos y por qué caminos, corrigiendo errores e ineficiencias anteriores.

Se han repasado las características fundamentales posibles de ser mejoradas en ganado de carne y sus complejas interrelaciones, y se concluye en la necesidad de realzar la importancia

de características maternas tales como fertilidad, facilidad de parto y habilidad materna. Bajo la óptica de un país que comience a apostar a los cruzamientos, razas con niveles genéticos crecientes en características maternas serán un pilar de fundamental importancia. También debe dársele importancia al crecimiento pos-destete y a desarrollar conocimientos que no serán de vital necesidad, en relación a características de la canal (peso, rendimiento, composición, etc.) y a calidad de producto (grasa intramuscular, terneza, jugosidad, palatabilidad), especialmente en aquellas razas que tengan un rol terminal en esquemas de cruzamientos.

¿Cuáles son los caminos a seguir en el plano de la investigación? Un primer aspecto pasa por una definición más estricta de sistemas de producción, paso inicial de toda definición de objetivos. En un mundo rápidamente cambiante, debemos pensar no solo en sistemas actuales, con distintos énfasis en cría e invernada, sino en sistemas futuros, con crecientes grados de intensidad, apuntando a nuevos mercados con nuevos productos. Los costos y los ingresos de esos sistemas indicarán qué características deberán ser puestas en la mira del mejoramiento genético.

La metodología de cálculo de objetivos de selección se ha desarrollado intensamente en la última década. A lo largo del presente estudio se han ido citando numerosos autores que han hecho decisivas contribuciones en esa materia. Particularmente el trabajo de Ponzoni y Newman (1989) ha sintetizado esos conocimientos y hecho propuestas de cómo debe encararse el tema en bovinos de carne. El dominio de esa metodología no es trivial, y en el futuro deben hacerse esfuerzos para incorporarla al arsenal de herramientas con que trabaja hoy el especialista en genética animal.

A nivel internacional, pero más aún a nivel nacional, existe la necesidad imperiosa de seguir realizando estimaciones de parámetros, tanto biológicos como económicos. Salvo los aspectos de crecimiento, es notoria la carencia de conocimientos en otros aspectos como características reproductivas y de calidad y composición de la canal. Por allí debe también realizarse un esfuerzo ambicioso de investigación que caracterice y cuantifique la importancia de las áreas mencionadas.

El camino está trazado. Ahora solo queda aceptar el desafío.

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Raúl W. Ponzoni, por los valiosísimos comentarios hechos a la primera versión de este trabajo. Este estudio se desarrolló en el marco del proyecto "Evaluación genética de reproductores Aberdeen Angus", financiado por la Comisión Sectorial de Investigación Científica de la Universidad de la República, y la Sociedad de Criadores de Aberdeen Angus.

## BIBLIOGRAFIA

- AVERDUNK, G., ALPS, H., y MATZKE, P., 1990. Genetic parameters for beef quality traits. In World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, (4th., 23-27 jul., Edinburgh). v.15, p. 540-544.
- BAKER, R.L., 1980. The role of maternal effects on the efficiency of selection in beef cattle—a review. Proc. of the New Zealand Society of Animal Production 40: 285-303.
- BENYSHEK, L.L., JOHNSON, M.H., LITTLE, D.E., BERTRAND, J.K. y KRIESE, L.A., 1988. Applications of an Animal Model in the United States beef cattle industry. Journal of Dairy Science 71 (Suppl. 2): 35-53.
- BISHOP, S.C., 1992. Phenotypic and genetic variation in body weight, food intake and energy utilisation in Hereford cattle. I Performance test results. Livestock Production Science 30: 1-18.
- BOURDON, R.M. y BRINKS, J.S., 1983. Calving date versus calving interval as a reproductive measure in beef cattle. Journal of Animal Science 57: 1412-1417.
- BRASCAMP, E.W., SMITH, C. y GUY, D.R. 1985. Derivation of economic weights from profit equations. Animal Production 40: 175-180.
- BUDDENBERG, B.J., BROWN, C.J. y BROWN, A.H., 1990. Heritability estimates of calving date in Hereford cattle maintained on range under natural mating. Journal of Animal Science 68: 70-74.
- CAÑÓN, J., MUÑOZ, A. y VALLEJO, M., 1987. Mejora genética para eficiencia económica con especial referencia al ganado vacuno de leche. ITEA 70: 3-17.
- CARTWRIGHT, T.C., 1970. Selection criteria for beef cattle for the future. Journal of Animal Science 30: 706-711.
- DANELL, O. 1980a. Studies concerning selection objectives in animal breeding. Swedish University of Agricultural Science, Dept. of Animal Breeding and Genetics, Uppsala. Report no. 42. p.
- DANELL, O. 1980b. Consideration of long- and short-term effects in defining selection objectives in animal breeding. In Swedish University of Agricultural Sciences, Dept. of Animal Breeding and Genetics, Uppsala. Report no. 42. p.

- DEMPSTER, E.R. y LERNER, I.M. 1950. Heritability of threshold characters. *Genetics* 35: 212-236.
- DICKERSON, G.E., 1970. Efficiency of animal production -molding the biological components. *Journal of Animal Science* 30: 849-859.
- DICKERSON, G.E., KÜNZI, N., CUNDIFF, L.V., KOCH, R.M., ARTHAUD, V.H. y GREGORY, K.E., 1974. Selection criteria for efficient beef production. *Journal of Animal Science* 39: 659-673.
- DIKEMAN, M. E., 1990. Genetic effects on the quality of meat from cattle. In *World Congress on Genetics Applied to Livestock Production (4th., 23-27 jul., Edinburgh)*. v.15, p. 521-530.
- FRISCH, J.E. y VERCOE, J.E., 1982. The physiological genetics of environmental adaptation. In *World Congress on Sheep and Cattle Breeding*. v.I, p. 343-350.
- GROEN, A.F., 1989. Cattle breeding goals and production circumstances. PhD thesis, Depts. of Farm Management and Animal Breeding, Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.
- HARRIS, D.L., 1970. Breeding for efficiency in livestock production: defining the economic objectives. *Journal of Animal Science* 30: 860-865.
- HARRIS, D.L., STEWART, T.S., y ARBOLEDA, C.R., 1984. Animal breeding programs: a systematic approach to their design. *Advances in Agricultural Technology*. Agricultural Research Service, USDA, Doc.AAT-NC-8, February 1984, Peoria, Illinois.
- HAZEL, L.N., 1943. The genetic basis for combining selection indexes. *Genetics* 28:476-490.
- HENDERSON, C.R., 1973. Sire evaluation and genetic trends. In *Proc. of the Animal Breeding and Genetics Symp. in honor of Dr. Jay L. Lush, A.S.A.S. and A.D.S.A.*, 10-41.
- HORST, P. y MATHUR, P.K., 1990. Genetic aspects of adaptation to heat stress. In *World Congress on Genetics Applied to Livestock Production (4th., 23-27 jul., Edinburgh)*. v.14, p. 286-296.
- JAMES, J.W., 1982. Economic aspects of developing breeding objectives: general considerations. In *Barker, J.S.F.; Hammond, K; McClintock, A.E. eds. Future developments in the genetic improvement of animals*. Sidney, Academic Press. pp.107-118.

- JOHNSON, D.L. y GARRICK, D.J., 1990. Data collection, processing and prediction of breeding values. In World Congress on Genetics Applied to Livestock Production (4th., 23-27 jul., Edinburgh). v.15, p. 337-346.
- KLOSTERMAN, E.W., 1972. Beef cattle size for maximum efficiency. *Journal of Animal Science* 34: 875-879.
- KOCH, R.M., 1972. The role of maternal effects in animal breeding. VI. Maternal effects in beef cattle. *Journal of Animal Science* 35: 1316-1323.
- LENG, R.A., 1990. Nutrition of ruminants at pasture in the tropics: implications for selection criteria. In World Congress on Genetics Applied to Livestock Production (4th., 23-27 jul., Edinburgh). v.14, p. 298-309.
- LÓPEZ DE TORRE, G. y BRINKS, J.S., 1990. Some alternatives to calving date and interval as measures of fertility in beef cattle. *Journal of Animal Science* 68: 2650-2657.
- LUNSTRA, D.D., GREGORY, K.E. y CUNDIFF, L.V., 1988. Heritability estimates and adjustment factors for the effects of bull age and age of dam on yearling testicular size in breeds of bulls. *Theriogenology* 30: 127-136.
- MACNEIL, M.D., 1988. Consequences of selection for growth and tissue development on maternal qualities. In World Congress on Sheep and Beef Cattle Breeding (3rd., 19-23 jun., Paris).v.1, p. 415-435.
- MACNEIL, M.D., BAILEY, D.R.C., URICK, J.J., GILBERT, R.P. y REYNOLDS, W.L., 1991. Heritabilities and genetic correlations for postweaning growth and feed intake of beef bulls and steers. *Journal of Animal Science* 69: 3183-3189.
- MAIJALA, K., 1976. General aspects in defining breeding goals in farm animals. *Acta Agriculturae Scandinavica* 26: 40-46.
- MAIJALA, K., 1987. Genetic control of reproduction and lactation in ruminants. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 104: 53-63.
- MANFREDI, E.J., SAN CRISTÓBAL, M. y FOULLEY, J.L., 1991. Some factors affecting the estimation of genetic parameters for cattle dystocia under a threshold model. *Animal Production* 53: 151-156.
- MEACHAM, N.S. y NOTTER, D.R., 1987. Heritability estimates for calving date in Simmental cattle. *Journal of Animal Science* 64: 701-705.

- MEIJERING, A., 1984. Dystocia and stillbirth in cattle - a review of causes, relations and implications. *Livestock Production Science* 11: 143-177.
- MEYER, K., HAMMOND, K., PARNELL, P.F., MACKINNON, M.J. y SIVARAJASINGAM, S., 1990. Estimates of heritability and repeatability for reproductive traits in Austrasian beef cattle. *Livestock Production Science* 25:15-30.
- MCCLINTOCK, A.E. y CUNNINGHAM, E.P., 1974. Selection in dual purpose cattle population: defining the breeding objective. *Animal Production* 18: 237-247.
- MCDANIEL, B.T., 1976. Selection goals for dairy cattle. In *National Workshop on Genetic Improvement of Dairy Cattle*, St. Louis, Missouri.
- MILLER, R.H., y PEARSON, R.E., 1979. Economic aspects of selection. *Animal Breeding Abstracts* 47: 281-290.
- MORE O'FERRALL, G.J., JOSEPH, R.L., TARRANT, P.V. y MCGLOGHLIN, P., 1989. Phenotypic and genetic parameters of carcass and meat-quality traits in cattle. *Livestock Production Science* 21: 35-47.
- MORRISON, D.G., WILLIAMSON, W.D. y HUMES, P.E., 1986. Estimates of heritabilities and correlations of traits associated with pelvic area in beef cattle. *Journal of Animal Science* 63: 432-437.
- MUÑOZ-LUNA, A., Yadav, S.B.S. y Dempfle, L., 1988. Derivation of economic weights for several traits for the Rubia-Gallega cattle in Spain. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 105: 372-383.
- NAAZI, A., MAKAREKIAN, M. y BERG, R.T., 1990. Genetic associations among calving difficulty score and pelvic size measurements in beef heifers. In *World Congress on Genetics Applied to Livestock Production* (4th. 23-27 jul., Edinburgh). v.15, p. 287-290.
- NEWMAN, S. y PONZONI, R.W., 1994. Experience with economic weights. In *World Congress on Genetics Applied to Livestock Production* (5th. 7-12 Aug., Guelph) 18: 217-223.
- NEWMAN, S., MORRIS, C.A., BAKER, R.L. y NICOLL, G.B., 1992. Genetic improvement of beef cattle in New Zealand: breeding objectives. *Livestock Production Science* 32: 111-130.
- QUAAS, R.L. y POLLAK, E.J., 1980. Mixed model methodology for farm and ranch beef cattle testing programs. *Journal of Animal Science* 51:1277-1287.

- PEARSON, R.E. y MILLER, R.H., 1981. Economic definition of total performance Breeding goals and breeding values for dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 64: 857-869
- PONZONI, R.W., 1982. Breeding objectives in sheep improvement programmes. In *World Congress on Genetics Applied to Livestock Production (2nd., Oct., Madrid)*. 5: 619-633.
- PONZONI, R.W., 1986. Economic evaluation of breeding objectives in sheep and goats - Summary and commentary. In *World Congress on Genetics Applied to Livestock Production (3rd., jul., Lincoln)*. v.9, p. 465-469.
- PONZONI, R.W., 1988a. The derivation of economic values combining income and expense in different ways: An example with Australian Merino sheep. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 105: 143-153.
- PONZONI, R.W., 1988b. On-farm performance recording services for beef cattle and sheep in Australia - Organisation and trends. In *World Congress on Sheep and Beef Cattle Breeding (3rd., 19-23 jun., Paris)*. v.1, p. 239-258.
- PONZONI, R.W., 1992a. Which trait for genetic improvement of beef cattle reproduction: calving rate or calving day? *Journal of Animal Breeding and Genetics* (en prensa).
- PONZONI, R.W., 1992b. Adaptación vs. producción: un intento de reconciliación. In *Trabajo presentado en el Congreso de Razas Criollas (21-23 Set., Zafra, España)*.
- PONZONI, R.W. y NEWMAN, S., 1989. Developing breeding objectives for Australian beef cattle production. *Animal Production* 49: 35-47.
- RICHTIE, H.D., 1984. Introduction - overview of factors affecting beef cow efficiency. In *Proc. of the Beef Cow Efficiency Forum, East Lansing, Michigan, May 29-30 and Fort Collins, Colorado, May 31-June 1, 1984*, 1-5.
- SCHLOTE, W., 1977. Choix et pondération économique des caractères en sélection animale. *Ann. de Génétique et Sélection Animale* 9, 63-72.
- SIMM, G., STEANE, D.E. y WRAY, N.R., 1990. Developments in beef cattle breeding programmes in Europe. In *Proc. World Congress on Genetics Applied to Livestock Production (4th., 23-27 jul., Edinburgh)*. v.15, p. 231-243.
- SMITH, C., 1978. The effect of inflation and form of investment on the estimated value of genetic improvement in farm livestock. *Animal Production* 26: 101-110.