

NOT
1995/25/c8

9 OCT. 1995

Universidad de la República
FACULTAD DE AGRONOMIA



**PLANES NACIONALES DE
EVALUACION GENETICA EN
BOVINOS USANDO
“TOROS DE REFERENCIA”**

ING. AGR. JORGE URIOSTE

NOTAS TECNICAS
Nº 25
MONTEVIDEO - URUGUAY

Nt

FACULTAD DE AGRONOMIA
DOCUMENTACION Y BIBLIOTECA

Las solicitudes de adquisición y de intercambio con esta publicación deben dirigirse al Departamento de Documentación, Facultad de Agronomía, Garzón 780, Montevideo -URUGUAY .

Comisión de Publicaciones:

Ing. Agr. Osvaldo del Puerto (egresado)

Ing. Agr. Hugo Petrocelli (docente)

Ing. Agr. Héctor González (docente)

Ing. Agr. Virginia Rossi (docente)

Bach. Marcelo Nougue (estudiante)

Bach. Mario Lema (estudiante)

Bach. Gustavo Uriarte (Editor)

Planes nacionales de evaluación genética en bovinos de carne usando "Toros de referencia" / Jorge Urioste. -- Montevideo: Facultad de Agronomía, 1995. -- 19p. (Notas Técnicas; 25)

BOVINOS DE CARNE
MEJORAMIENTO ANIMAL

Urioste, Jorge

CDU 636.08

PLANES NACIONALES DE EVALUACIÓN GENÉTICA EN BOVINOS DE CARNE USANDO "TOROS DE REFERENCIA"¹

Ing. Agr. Jorge Urioste²

1. Introducción y antecedentes

La ganadería de carne constituye en el Uruguay uno de los rubros más importantes desde el punto de vista económico. Basta para ello mencionar que la producción de carne constituye el 25% del PBI agropecuario en su fase ganadera, en la industria cerca del 10% del PBI manufacturero, y significa un 10% del gasto del consumidor urbano (Buxedas, 1987).

La producción de carne se apoya en cuatro pilares básicos: la nutrición, el manejo, la sanidad y el mejoramiento genético. La lentitud del mejoramiento genético por selección ha llevado a muchos a considerar que éste es menos importante que los otros aspectos mencionados. Sin embargo, el mejoramiento genético es el único de los factores cuya acción es permanente y acumulativa. Esto significa que una vez logrado cierto mejoramiento en la estructura genética de la población, éste se mantiene, sin regresar a los niveles anteriores. Su efecto, además, se va sumando a través de los años, lo que no ocurre con los otros factores analizados.

Esta característica del mejoramiento genético tiene un valor económico considerable, como fácilmente se puede demostrar en el siguiente cálculo. Aproximadamente 15 millones de hectáreas están dedicadas a la ganadería, siendo la productividad promedio del país, en términos conservadores, de 40 kg de carne por ha. Asumiendo

Recibido el 1 de setiembre, 1991

Aceptado el 30 de noviembre, 1993

1 Conferencia presentada en el "Foro de Mejoramiento Genético Animal en el Uruguay en vísperas del Mercosur", Montevideo, 17-18 de agosto de 1991.-

2. Prof. Agregado Cátedra de Zootecnia, Fac. de Agronomía.

un precio para el kg de ganado en pie de US\$ 0.50, anualmente se generarían US\$ 300 millones. No consideramos el valor agregado entre la venta de animales y la mesa del consumidor, que es de 5 a 10 veces mayor.

Smith (1984) ha hecho una revisión del progreso genético logrado en distintas especies a través de los años, señalando para características de producción de carne progresos en relación al promedio de 0.8% obtenidos en estaciones experimentales y 0.3% en situaciones comerciales. Utilizando esta última cifra, un programa serio de mejoramiento genético podría generar anualmente unos US\$ 900.000 de ingresos brutos.

Si bien el cálculo es muy grosero, ilustra de manera muy contundente la importancia económica que tendrían para la sociedad programas de esta naturaleza. Si además tenemos en cuenta que la importación de semen de ganado de carne solamente en el año 1988 fue del orden de los US\$ 400.000 (Veiga et al., 1988), indudablemente un sistema de evaluación que promueva, ordene y priorice los recursos genéticos nacionales estaría ahorrando divisas al país, generando ocupación y desarrollo dentro de fronteras y fomentando la competitividad del rubro en el contexto regional. En este marco, el mejoramiento genético de las razas debe ser visto como una herramienta muy importante para aumentar la eficiencia de la producción nacional de carne vacuna.

La mejora de las poblaciones animales tiene una larga historia en el país. En las primeras etapas, el mejoramiento genético estuvo representado por la importación de reproductores de razas británicas (Hereford, Aberdeen Angus y Shorthorn), que absorbieron al ganado criollo introducido en tiempos de la Conquista. Posteriormente, la selección se orientó hacia mejoras en conformación y tipo racial de los animales, usando como método la simple apreciación visual de los reproductores.

A partir de la década de los 60 se introducen en el país sistemas de medición objetiva para características de importancia económica en la producción de carnes. Esto fue plasmado en la organización de pruebas de comportamiento a nivel predial (Hereford), pero fundamentalmente a nivel central, de las cuales se mantienen actualmente las pruebas de Kiyú para Hereford (llevado adelante por el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca) y de Paysandú para Aberdeen Angus (llevado adelante por la Facultad de Agronomía).

El establecimiento de controles objetivos de la producción vacuna fue un hito histórico de fundamental significación. Sin embargo, la información internacional proveniente de Nueva Zelanda (Dalton y Morris, 1978) y Australia (Mc Clintock et

al., 1981) coincide en señalar importantes limitaciones en este tipo de pruebas en condiciones de pastoreo. Esencialmente, la influencia del diferente crecimiento compensatorio de animales provenientes de diversos ambientes se traduciría en una exactitud menor a la esperada en la predicción de los valores genéticos de los reproductores. En la práctica, ha sido muy difícil eliminar los efectos del ambiente pre-prueba, así como las diferencias entre las condiciones en las cuales se realiza la prueba y aquellas bajo las cuales produce la progenie de los toros así evaluados. Estos autores sugieren como alternativa la prueba de progenie en los establecimientos, es decir el uso de los datos de comportamiento de los hijos para predecir el valor genético de los padres. Tal estrategia, siendo más precisa, presenta problemas de índole tanto práctica como técnica, ya que, entre otras complicaciones, los hijos de los toros serán pocos o crecerán en distintos establecimientos, haciendo difícil una comparación justa entre ellos.

Las soluciones a esta problemática comenzaron a aparecer a partir del clásico trabajo presentado por Henderson (1973), en torno a la así llamada "metodología de modelos mixtos". Esta técnica genético-estadística que resuelve simultáneamente la estimación de efectos ambientales y genéticos, permite un uso más efectivo de la información y un mejor ordenamiento de los animales por su mérito genético. Desde el punto de vista práctico, esta metodología ofrece la posibilidad de conectar los establecimientos entre sí a través del uso común de toros. Los así llamados "**toros de referencia**" tienen hijos en distintos rodeos y sirven de punto de comparación para los demás toros, haciendo de conexión entre los establecimientos. Los rodeos pueden ser además conectados a través de las relaciones de parentesco entre los animales (Henderson 1975, 1976).

La evolución metodológica a partir de los años 70 ha sido vertiginosa. De especial destaque es la contribución de Quaas y Pollak (1980) en el terreno de la evaluación genética, introduciendo el así llamado "**modelo animal**" y una versión computacionalmente más accesible, "el modelo animal reducido". Estos modelos de análisis son de una gran flexibilidad, permitiendo evaluar no sólo a los padres, sino a todos los animales en consideración (también madres y terneros), tienen en cuenta los efectos de apareamientos dirigidos y de selección dentro de los rodeos. Se pueden además analizar simultáneamente los componentes directos (propios del ternero) y maternos incluidos en caracteres tales como peso al destete.

Las complejidades computacionales para instrumentar estos modelos estadísticos en situaciones prácticas de evaluación se han ido resolviendo en forma satisfactoria (Schaeffer y Kennedy, 1986a, b; Misztal y Gianola, 1987). Aplicaciones del "modelo

animal” en bovinos de carne han sido recientemente presentadas en USA (Benyscheck et al., 1988), Canadá (Robinson y Chesnais, 1988), Australia (Ponzoni, 1988) y Francia (Laloe y Menissier, 1990). Un similar desarrollo se anuncia en otros países europeos en un futuro próximo (Simm et al., 1990). La implementación de esta metodología se ve hoy facilitada con el acceso a paquetes estadísticos que contemplan estas opciones (Groeneveld et al., 1990).

En nuestro país, el desarrollo de tales sistemas de evaluación está en sus comienzos. El uso de “toros de referencia” fue originalmente presentado por González (1983) y los principios generales de un sistema de evaluación de toros recientemente expuestos (Aguirrezabala y Urioste, 1988). En cuanto al uso de metodología de modelos mixtos, ésta fue usada por primera vez en el país para estimar tendencias genéticas en peso al nacer de terneros Hereford (Duvos y Marques, 1991).

En el área del mejoramiento genético, la brecha tecnológica que nos separa de los países de mayor desarrollo es de tales dimensiones que es impostergable orientar parte de nuestros esfuerzos en investigación a dar los primeros pasos en ese sentido. En el contexto de la integración regional, esta afirmación toma un sentido todavía más dramático, dada la relativa urgencia con la que se debe reacomodar el país a los efectos de enfrentar con éxito tal desafío. En ese espíritu, la Facultad de Agronomía y la Sociedad de Criadores de Aberdeen Angus se han puesto de acuerdo para desarrollar un esquema de evaluación genética acorde con el desarrollo actual de los conocimientos en esta materia.

Dados los antecedentes presentados, el objetivo de este artículo es delinear los principales razgos de un sistema de “toros de referencia” que signifique un importante avance en la metodología de evaluación genética dentro del país. Esto se hará a partir de la incipiente experiencia nacional en sistemas de evaluación con rodeos conectados entre sí, ubicando el sistema en el contexto de un programa global de mejoramiento genético, describiendo sus principios básicos y discutiendo sus ventajas, limitaciones y perspectivas de futuro.

2. Etapas de un programa nacional de Mejoramiento Genético

Los sistemas de evaluación genética de animales deben ser siempre ubicados en un contexto mayor, donde la evaluación es solo una parte del proceso de mejoramiento genético, y donde se necesita obtener información previa para optimizar dichos sistemas. Según Danell (1980), los pasos a dar para organizar científicamente un plan de evaluación genética de reproductores son los siguientes:

- 1) definición de objetivos de selección
- 2) análisis de la estructura de la población y estimación de parámetros
- 3) elaboración de criterios de selección
- 4) construcción y optimización de esquemas de selección
- 5) aplicación práctica del esquema
- 6) estimación del cambio genético logrado.

El primer punto señalado es esencial para toda actividad de mejoramiento genético (ver por ej. Johnson y Garrick, 1990, y para bovinos de carne, Ponzoni y Newman, 1989). La identificación y descripción de los sistemas de producción y comercialización y la correspondiente definición de objetivos es clave en el diseño sistemático de programas nacionales de mejoramiento (Harris et al., 1984). Si bien el tema no será discutido aquí, debe señalarse la urgencia de estudios al respecto, dado que no existen antecedentes nacionales en esa área.

¿Cuáles son los niveles de desarrollo en el enfoque de los demás puntos, a nivel del país? Algunos estudios nacionales se han llevado adelante en relación a la caracterización de la estructura y parámetros de las poblaciones vacunas. Los trabajos realizados (Carriquiry, 1981; Brasesco y Echeverrigaray, 1988; Fernández y Rodríguez, 1991) son muy concluyentes en señalar los efectos de rodeo, año, sexo del ternero y edad de la madre del ternero como factores no genéticos que influyen significativamente en la variación de las variables peso al nacimiento, peso al destete y ganancia diaria predestete, tanto para Hereford como para Aberdeen Angus. La información es menos clara para el efecto época de nacimiento, ya que hay resultados contradictorios. Sin embargo, las tendencias son nítidas en el sentido que terneros nacidos a principios de la parición presentan mayores pesos al destete (a edad fija) que los nacidos a fines de este período.

Las estimaciones nacionales de heredabilidad de las características mencionadas se sitúan en el rango de 0.15-0.20 (Brasesco y Echeverrigaray, 1988), lo cual es menor a lo esperado. No obstante, cálculos hechos a partir de la variación fenotípica observada (Fernández y Rodríguez, 1991) permiten esperar progresos genéticos comparables a los manejados en la literatura internacional.

Criterios de selección son aquellos caracteres utilizados en la práctica para estimar el valor genético de los individuos a ser seleccionados. Estos caracteres pueden o no coincidir con los objetivos de selección, es decir aquellos caracteres que deben ser mejorados genéticamente debido a su importancia económica. En general, en Uruguay se han priorizado los aspectos de crecimiento, utilizándose medidas de peso (al

nacimiento, al destete, al año, a los 18 meses, etc.) en su evaluación (ver por ejemplo Carriquiry, 1981; Brasesco y Echeverrigaray, 1988). Si bien hay conciencia de la importancia de los aspectos reproductivos en la eficiencia de la producción de carne, no se han encarado estudios que discutan seriamente el tema. Sin embargo, estudios preliminares de Fernández y Rodríguez (1991) sugieren que la fecha de parto, tal como lo sustentan Ponzoni y Newman (1989), puede ser un interesante criterio de selección para mejorar la eficiencia de los rodeos de cría. En cuanto a las características de calidad de carne, no existe información al respecto. Tampoco ha habido estudios sobre características de habilidad materna, que son sumamente importantes en sistemas extensivos.

El diseño de un esquema de selección y su puesta en marcha debe realizarse después de haber superado las etapas señaladas anteriormente. Un esquema de mejoramiento puede ser esquematizado como en la Fig. 1.

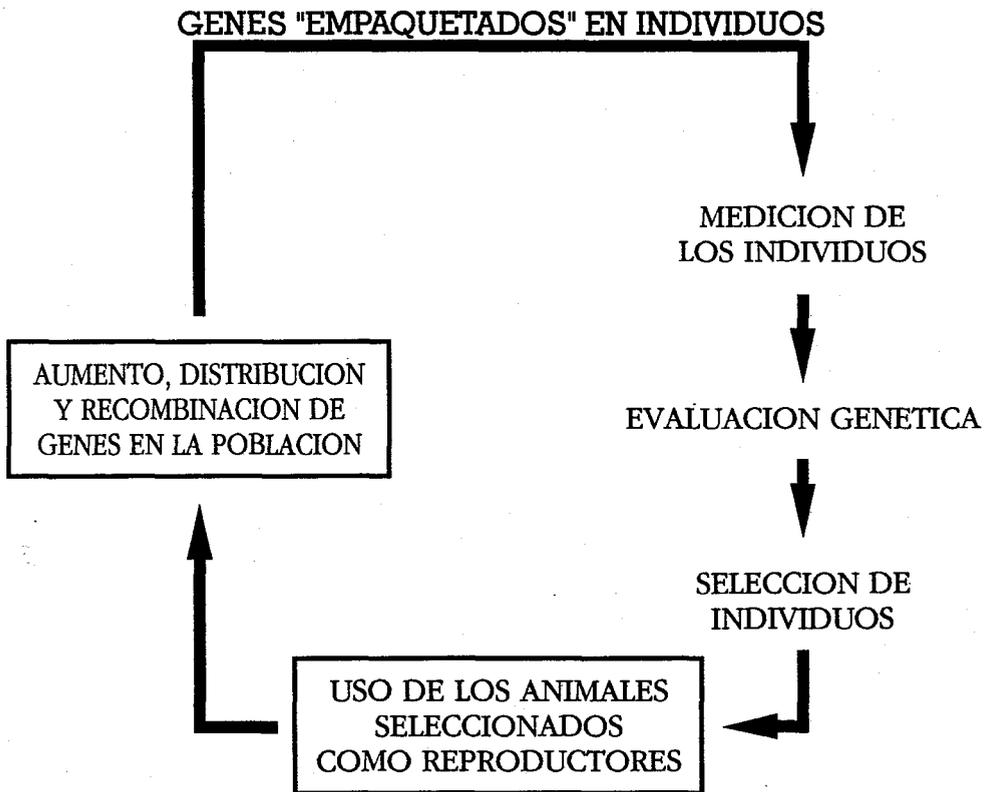


Figura No.1: Etapas de un programa de mejoramiento.

En una etapa relativamente temprana de la vida de los individuos se mide su producción, tratando de crear las condiciones en donde las comparaciones sean lo más justas posible (**sistema de registros**). En base a esas mediciones, el criador o genetista se forma una opinión del valor de cada individuo como reproductor (**evaluación genética**). El siguiente paso es la **selección** de los "mejores" individuos para ser **utilizados** intensamente como padres de la siguiente generación. De esta manera, los genes "superiores" de los animales seleccionados se mezclan con los genes de la población. Poco a poco, estos genes se expresarán en nuevos individuos, quienes serán a su vez controlados, evaluados, seleccionados, etc. El aumento en la producción se deberá entonces al aumento en la concentración de genes "positivos" debido a este proceso de mejoramiento genético. No obstante, el cambio será muy lento o inexistente si alguno de los distintos momentos no funciona, por ejemplo si las pruebas conducen a una evaluación equivocada de los animales, no se practica la selección, o los individuos seleccionados se utilizan muy poco.

Es en este contexto, entonces, que se ubican los sistemas de evaluación. Al maximizar su eficiencia estaremos también optimizando todo el proceso de mejoramiento genético. El sistema de "toros de referencia" como alternativa de evaluación será tratado en la próxima sección.

Por último, los programas de mejoramiento deben de tener un control de que los cambios están ocurriendo en la forma deseada. Cuando se definen los objetivos de selección o cuando se organiza un programa de mejoramiento, el cambio genético aún no se ha obtenido, y por lo tanto sus efectos económicos y físicos solo se pueden predecir. Por esa razón, paralelamente al desarrollo del programa de mejoramiento se necesita una estimación retroactiva del cambio genético en la población. Este control del funcionamiento del proceso de selección permite descubrir aspectos dejados de lado en el programa, que se expresen en carencias del mismo. Este tipo de análisis también exige avanzados métodos estadísticos. Henderson (1973) demostró cómo la metodología de modelos mixtos puede ser utilizada para estimar las tendencias genéticas en poblaciones animales. Es hoy común a nivel internacional presentar este tipo de estudios (por ejemplo en Benyshek et al., 1988). A nivel nacional, la única experiencia existente hasta el momento es la de Duvos y Marques (1991), quienes estimaron tendencias genéticas en peso al nacer para una cabaña Hereford con 15 años de registros, detectando un leve aumento del mismo con los años, a pesar de practicarse cierta selección en contra de pesos al nacer demasiado elevados.

3. Evaluación con un sistema de “toros de referencia”

Principios básicos. El objetivo central de un programa nacional de evaluación es establecer un sistema que permita comparar el valor genético de los toros entre y dentro de rodeos. Esta comparación se lleva a cabo en base a registros obtenidos en sus descendientes (prueba de progenie). El comportamiento promedio de los hijos de un toro estará, además, afectado por una serie de factores ambientales y por el valor genético de las hembras con que ese toro fue apareado. En el caso de desconocer el valor genético de las madres, éstas deben ser asignadas al azar a los toros que se van a comparar. No obstante, con el uso del “modelo animal” ya mencionado, es hoy posible en una temprana etapa del programa de mejoramiento contar con una evaluación genética de las vacas que permita levantar esas restricciones. Lo expuesto anteriormente es válido para todos los padres. El papel de los “toros de referencia” es conectar los establecimientos entre sí, para permitir las comparaciones entre grupos de progenie de rodeos diferentes. Estos animales, mediante el uso de inseminación artificial, tienen descendientes en todos los rodeos que intervienen en el programa, y por lo tanto tendrán un grupo de progenie en cada ambiente (fig 2). El valor genético promedio de las progenies de los “toros de referencia” en distintos establecimientos es el mismo, por lo que las diferencias medidas entre ellos sean esencialmente debidas a las diferencias ambientales entre rodeos. La comparación de los grupos de progenie de los toros propios del establecimiento con los grupos de progenie de los toros de referencia en dicho ambiente, permite estimar el valor genético de los toros de cada rodeo en términos relativos a los toros de referencia.

Ilustremos los conceptos vertidos más arriba con el siguiente razonamiento algebraico. Sean T_1 y T_2 toros en los rodeos 1 y 2, respectivamente, T_r un toro de referencia, con suscriptos 1 y 2 indicando a qué rodeo pertenece su grupo de progenie. Sea P_1 el valor fenotípico del toro T_1 , A_1 su valor genético aditivo y E_1

el efecto ambiental debido al rodeo 1. Valga la misma interpretación para los demás toros. Entonces:

$$\text{RODEO 1} \quad \text{toro } T_1 : P_1 = A_1 + E_1$$

$$\text{toro } T_{r1} : P_{r1} = A_r + E_1$$

$$\text{RODEO 2} \quad \text{toro } T_2 : P_2 = A_2 + E_2$$

$$\text{toro } T_{r2} : P_{r2} = A_r + E_2$$

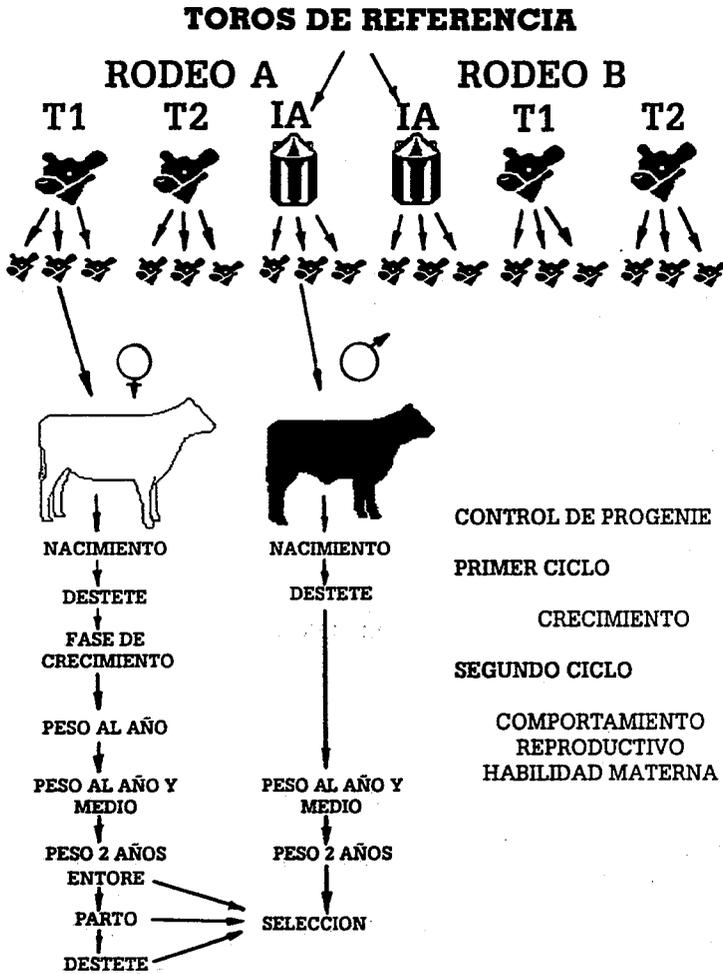


Figura No.2: Esquema de "Toros de referencia".

Las diferencias ambientales entre los rodeos se expresan como las diferencias existentes entre los grupos de progenie del mismo toro, criadas en diferentes rodeos:

$$T_{r1} - T_{r2} = P_{r1} - P_{r2} = A_r + E_1 - A_r - E_2 = E_1 - E_2$$

Expresemos a los toros T_1 y T_2 en relación a T_r :

$$T_1 = P_{r1} - P_1 = A_r + E_1 - A_1 - E_1 = A_r - A_1$$

$$T_2 = P_{r2} - P_2 = A_r + E_2 - A_2 - E_2 = A_r - A_2$$

Comparemos ahora T_1 y T_2 :

$$T_1 - T_2 = (A_r - A_1) - (A_r - A_2) = A_2 - A_1$$

Por lo tanto, a través del toro de referencia hemos logrado comparar genéticamente toros pertenecientes a diferentes establecimientos.

Llevemos este razonamiento a un ejemplo numérico, utilizando kg promedio de peso al destete.

$$T_1 = 180 \text{ kg}$$

$$T_{r1} = 185 \text{ kg}$$

$$T_2 = 200 \text{ kg}$$

$$T_{r2} = 210 \text{ kg}$$

Diferencias ambientales entre establecimientos:

$$T_{r2} - T_{r1} = 210 - 185 = 25 \text{ kg}$$

Diferencias entre toros T_1 y T_2 :

$$T_1 = 180 - 185 = -5 \text{ kg}$$

$$T_2 = 200 - 210 = -10 \text{ kg}$$

$$T_1 - T_2 = -5 - (-10) = 5 \text{ kg a favor de } T_1$$

El mismo resultado se obtiene si sumamos al toro T_1 la diferencia ambiental entre rodeos.

Funcionamiento práctico. A los efectos de obtener una evaluación lo más completa posible y de maximizar su utilidad práctica, los esquemas de “toros de referencia” deben apoyarse sobre un sistema de recolección de datos que contemple los aspectos más críticos del ciclo productivo de los animales. Esto es también función de la calidad de la información que aporta el criador. Una correcta toma de registros debe realizarse en los siguientes aspectos:

- a) identificación única y permanente de todos los animales y sus progenitores;
- b) registros de peso a diferentes edades (peso al nacer, al destete, al año, a los 540 días, etc.);

c) registros de servicio y parición de las hembras (fechas, sucesos, etc.).

Además, deberá asegurarse un número mínimo de hijos por padre, un crecimiento de las progenies de los distintos padres en similares condiciones ambientales y el uso de "toros de referencia" que conecten el rodeo en cuestión con el resto de los registros.

La comunicación entre el criador y el centro de procesamiento se lleva adelante a través de planillas especialmente diseñadas para la recolección de los datos correspondientes (Fig.3).

Inscripción de animales ①	Servicio ②	Parición ③
<p>ANIMAL Rp HBU caravana Fecha de nacimiento Sexo</p> <p>PADRE Rp HBU</p> <p>MADRE Rp HBU</p> <p>OBSERVACIONES</p>	<p>VACA (car/Rp)</p> <p>1er. SERVICIO toro fecha</p> <p>2o. SERVICIO toro fecha</p> <p>3er. SERVICIO toro fecha</p> <p>REPASO toro desde hasta</p> <p>OBSERVACIONES</p>	<p>TERNERO carav./Rp sexo fecha nacim. peso nacim.</p> <p>PADRE HBU</p> <p>MADRE carav./Rp año nacim. categoría dificultad al parto</p> <p>OBSERVACIONES</p>

Pesos a diferentes edades ④			
Ternero	Peso	Lote	Observaciones
carav./Rp			

Figura No.3: Planillas para un sistema de evaluación de reproductores.

La información se devuelve al criador con diferentes niveles de procesamiento, desde simples promedios y distribuciones de las variables analizadas, pesos corregidos por diversos efectos ambientales sistemáticos, hasta cálculos de valores genéticos (valores de cría) y de tendencias genéticas y fenotípicas para las características sujetas a selección (Fig.4).



Figura No.4:
Esquema de procesamiento de información.

El producto más importante del sistema de evaluación debe ser la publicación periódica y ordenada de los valores genéticos de los animales bajo control, con énfasis en el resultado de los toros padres. La Fig. 5 muestra una propuesta de catálogo de padres para Aberdeen Angus.

PROGRAMA NACIONAL DE EVALUACION DE REPRODUCTORES

**FACULTAD DE AGRONOMIA
SOCIEDAD DE CRIADORES
ABERDEEN ANGUS**



CATALOGO DEL PADRE

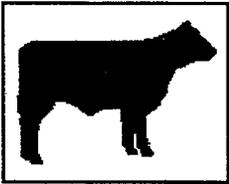
NOMBRE

H.B.U.

NACIDO

PADRE

MADRE



PROPIETARIO

ABUELO MAT.

CARACTERISTICA	VALOR DE CRIA	PRECISION	RANGO
PESO AL NACER	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>
PESO AL DESTETE	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>
HABILIDAD MATERNA	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>
PESO AL AÑO	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>
PESO A LOS 18 MESES	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>
PESO A LOS 2 AÑOS	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>
HABILIDAD DE PARTOI	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>

Figura No.5: Catálogo de Padres.

Todos estos principios de funcionamiento práctico están actualmente siendo aplicados en el Servicio de Evaluación de Reproductores Aberdeen Angus que ha empezado a implementar oficialmente la Facultad de Agronomía durante el año 1991.

Modelos de análisis. Los modelos estadísticos aplicados a registros obtenidos de los animales tratan de describir, en forma cuantitativa, procesos y efectos biológicos. En la práctica, los modelos solo pueden ser aproximaciones a la realidad. Por eso, el objetivo es aplicar un modelo que describa lo más aproximadamente posible la situación biológica que se quiere analizar. En el área del mejoramiento genético, se está haciendo un uso creciente del así llamado "modelo animal", un modelo estadístico donde todos los animales (padres, madres, descendientes) son evaluados a través de sus registros propios o los de sus parientes. Hay muchos tipos de "modelos animales" (Henderson, 1988). En bovinos de carne, un modelo para por ejemplo evaluación de peso al destete debe incluir efectos genéticos maternos y ambientales permanentes, además de los efectos ambientales sistemáticos y genéticos aditivos de cada animal (ver por ejemplo Benyshek et al., 1988; Ponzoni, 1988; Robinson y Chesnais, 1988). Como se señalaba en la sección anterior, a nivel nacional ya se cuenta con estudios referentes a las influencias ambientales sobre la producción de carne, y estudios sobre variación genética en la raza Aberdeen Angus están en marcha. Con ese conocimiento, será también posible, a corto plazo, implementar en condiciones uruguayas un modelo estadístico que interprete de la mejor manera nuestra realidad. Posiblemente, éste no difiera mayormente de los actualmente utilizados en otros países.

Ventajas y limitaciones. Este sistema de evaluación posee una serie de ventajas sobre los tradicionalmente aplicados en el Uruguay:

- 1) el número de reproductores objetivamente evaluados puede ser muy alto, aumentando las posibilidades de selección;
- 2) se incorpora la información de todos los parientes, aumentándose así la precisión de las estimaciones;
- 3) se realiza una evaluación simultánea de todos los animales, permitiendo identificar madres élite y terneros de gran valor genético, y aún evaluar animales todavía no nacidos;
- 4) se toman en consideración los apareamientos dirigidos y los efectos ocasionados por la selección o la consanguinidad;
- 5) se elabora un único ordenamiento de animales por su mérito genético a nivel nacional;

- 6) permite estimar las tendencias genéticas en cada rodeo, y en general, realizar estudios en las poblaciones animales;
- 7) se evalúan animales en el mismo ambiente en que van a producir;
- 8) se pueden considerar simultáneamente características reproductivas y de habilidad materna.

Como limitaciones, se pueden señalar:

- 1) la necesidad de un equipo técnico de buen nivel y de una capacidad importante de procesamiento de datos;
- 2) no se pueden contemplar los tratamientos preferenciales a determinado tipo de animales, si bien su efecto es diluido en los análisis;
- 3) se necesitan crear conexiones genéticas entre rodeos, lo cual presupone el funcionamiento de un sistema de inseminación artificial;
- 4) debe existir un buen servicio de extensión que ayude al productor a utilizar la información generada.

4. Conclusiones

El objetivo de un sistema de evaluación es "proveer al criador serio con las mejores, necesarias y comparables predicciones genéticas, con las cuales el criador pueda llevar adelante un cambio genético de importancia comercial" (Willham, 1988). Ello significa ofrecerle al productor que realmente trata de realizar cambios genéticos la mejor metodología disponible aplicada sobre características de importancia económica, para darle oportunidad de competir efectivamente en ese plano. El trabajo conjunto de Sociedades de Criadores y Universidades en este sentido ha dado resultados muy positivos, por ejemplo en USA y Canadá (Willham, 1988). En ese sentido, para que las evaluaciones tengan impacto, deben ser fácilmente entendidas, aceptadas y usadas por aquellos que toman las decisiones de selección. Además, deben cumplir con el requisito de estar accesibles a los criadores en el momento en que las decisiones deben ser tomadas.

Las ventajas técnicas de las nuevas formas de evaluación basadas en "toros de referencia" son claras, pero ello implica desafíos varios: profundidad científica en el estudio de los problemas, creatividad para enfrentar la realidad con soluciones originales apropiadas a nuestra situación, y desarrollo de una capacidad de organización y coordinación de las múltiples tareas a resolver.

5. Bibliografía

- Aguirrezabala, M. y Urioste, J., 1988. ¿Es posible una mayor eficiencia en la evaluación genética de toros de carne? Anuario Sociedad de Criadores Aberdeen Angus del Uruguay, agosto 1988, 44-49.
- 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.
- Brasesco, R. y Echeverrigaray, G., 1988. Efectos genéticos y ambientales que inciden en el peso al nacer, peso al destete y ganancia diaria predestete de terneros Hereford y Aberdeen Angus. Tesis, Facultad de Agronomía, 170 p.
- Buxedas, M., 1987. Comercio internacional y complejo carne vacuna. Suma no. 3, octubre 1987, 47-48.
- Carriquiry, A., 1981. Evaluación del crecimiento de toritos Hereford y Aberdeen Angus sometidos a pruebas de comportamiento en centro de prueba. Tesis, Facultad de Agronomía, 180 p.
- Dalton, D.C. y Morris, C.A., 1978. A review of central performance testing of beef bulls and of recent research in New Zealand. Livestock Production Science 5, 147-157.
- Danell, Ö, 1980. Studies concerning selection objectives in animal breeding. Report 42, Dept. of Animal Breeding and Genetics, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
- Duvos, G. y Marques, I., 1991. Estudio de tendencias genéticas en vacunos I. Tesis, Facultad de Agronomía, 83 p.
- Fernández, S. y Rodríguez, S., 1991. Fecha de parto y eficiencia en ganado de carne. Tesis, Facultad de Agronomía, 290 p.

- González, G.E., 1983. Mejoramiento genético en bovinos de carne. Congreso Nacional de Ingeniería Agronómica (Asociación de Ingenieros Agrónomos), 14-16 de setiembre de 1983, 2 pp.
- Groeneveld, E., Kovac, M. y Wang, T., 1990. PEST, a general purpose BLUP package for multivariate prediction and estimation. Proc. 4th. World Congress Applied to Livestock Production, Edinburgh, 23-27 July 1990, XIII, 488-491.
- 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, February 1984, 1-14.
- Henderson, C.R., 1973. Sire evaluation and genetic trends. Proc. Symp. in Honour of Dr. J.L. Lush, A.S.A.S. and A.D.S.A., Champaign, Illinois, 10-41.
- Henderson, C.R., 1975. Use of relationships among sires to increase accuracy of sire evaluation. Journal of Dairy Science 58, 1731-1738.
- Henderson, C.R., 1976. A simple method for computing the inverse of a numerator relationship matrix used in prediction of breeding values. Biometrics 32, 69-83.
- Henderson, C.R., 1988. Theoretical basis and computational methods for a number of different animal models. Journal of Dairy Science 71 (Suppl. 2), 1-16.
- Johnson, D.L. y Garrick, D.J., 1990. Data collection, processing and prediction of breeding values. Proc. 4th. World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Edinburgh, 23-27 July 1990, XV, 337-346.
- Laloe, D. & Menissier, F., 1990. Application of an animal model on a national basis in the French beef cattle industry. Proc. 4th. World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Edinburgh, 23-27 July 1990, XV, 327-329.

- McClintock, A.E., Hammond, K. y Freer, R.E., 1981. Central performance test stations for the Australian beef industry. Inform for the Angus Society of Australia. Animal Genetics and Breeding Unit, Armidale, Australia.
- Misztal, I. y Gianola, D., 1987. Indirect solution of mixed model equations. Journal of Dairy Science 70, 716-723.
- Ponzoni, R.W., 1988. On-farm performance recording services for beef cattle and sheep in Australia. Organization and trends. Proc. 3rd. World Congress Sheep and Beef Cattle Breeding, 19-23 June 1988, Paris, vol. 2, 239-258.
- Ponzoni, R.W. y Newman, S., 1989. Developing breeding objectives for Australian beef cattle production. Animal Production 49, 35-47.
- 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.
- Robinson, J.A.B. y Chesnais, J.P., 1988. Application of the animal model on a national basis to the evaluation of Canadian livestock. Journal of Dairy Science 71 (Suppl. 2), 70-78.
- Schaeffer, L.R. y Kennedy, B.W., 1986a. Computing solutions to mixed model equations. 3rd. World Congress on Genetics Applied to Livestock Production XII, 382-393.
- Schaeffer, L.R. y Kennedy, B.W., 1986b. Computing strategies for solving mixed model equations. Journal of Dairy Science 69, 575-579.
- Simm, G., Steane, D.E. y Wray, N.R., 1990. Developments in beef cattle breeding programmes in Europe. Proc. 4th. World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Edinburgh, 23-27 July 1990, XV, 231-243.
- Smith, C., 1984. Rates of genetic change in farm livestock. Research and Development in Agriculture, 79-85.

Veiga, M.C., Durán, M.I., Dorgans, M.H., Bogliolo, G., Oholeguy, G. y Almirón, S., 1988. Importación de semen. Séminario de Zootecnia, Facultad de Agronomía, 9 p.

Willham, R.L., 1988. Selection objectives and programs applied to beef breeds in order to improve efficiency: North American example. Proc. 3rd. World Congress Sheep and Beef Cattle Breeding, 19-23 June 1988, Paris, 2: 261-273.