



Instituto
Nacional de
Investigación
Agropecuaria

URUGUAY

FORO

MEJORAMIENTO

 **GENETICO**

ANIMAL

EN EL URUGUAY

EN VISPERAS DEL MERCOSUR

EDICION TECNICA: DANIEL GIANOLA*

* Ing. Agr., M.Sc., Ph.D., Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, INIA - Montevideo, Andes 1365 p. 12, C.P. 11100 Montevideo, Uruguay, y Department of Dairy Science, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin 53706, U.S.A.

Título:

SERIE TECNICA Nº 12

Editado por la Unidad de Difusión e Información Tecnológica del INIA
Andes 1365, Piso 12. Montevideo - Uruguay

Quedan reservados los derechos de la presente edición. Este libro no se podrá reproducir total o parcialmente sin expreso consentimiento del INIA.

PREFACIO

El presente volumen contiene los Resúmenes Extendidos de una serie de trabajos presentados en el Foro sobre Mejoramiento Genético Animal en el Uruguay llevado a cabo en la Sala de Conferencias "Dr. Aquiles Lanza" del Palacio Municipal de Montevideo el 17 y 18 de Agosto de 1991.

Los objetivos de dicho Foro fueron: 1) hacer una revisión de los principios y tecnologías modernas del mejoramiento genético de ganado de leche, vacunos de carne y ovinos, 2) revisar y evaluar los programas existentes que apoyan a la mejora genética en el Uruguay, y 3) discutir una propuesta de organización de la investigación en esta área por parte del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) del Uruguay. Con la publicación de los trabajos, se pretende hacer un aporte orientado a fortalecer la competitividad de la ganadería uruguaya en vistas al futuro ingreso del país al MERCOSUR.

Los Resúmenes Extendidos publicados no tienen la extensión de un trabajo definitivo, pero incluyen bastante más material que un Abstract. La estrategia adoptada en este caso se inserta dentro de la política de publicaciones del INIA, y posibilita que los participantes en Jorna-

das, Simposios o Congresos, tengan acceso a un volumen y calidad adecuado de información escrita, la cual se entrega durante la realización del evento, como ocurrió en este Foro. De cualquier forma, se considera que en esta obra se describe un panorama actual y completo de la situación del mejoramiento genético ganadero en el Uruguay, aún cuando se contempla la publicación de las versiones completas en un futuro próximo.

Los conferencistas invitados son reconocidos técnicos uruguayos que se desempeñan en el Uruguay o en el exterior. Por consiguiente, el volumen contiene una serie de sugerencias interesantes en relación al posible posicionamiento del Uruguay en materia de estrategias genéticas. Lamentablemente, debido a la rapidez con que se sucedieron los eventos, y a disponer de recursos limitados, no se pudo contar con la presencia de otros genetistas uruguayos que trabajan fuera de fronteras. Su aporte, sin duda, hubiera sido invaluable.

El que suscribe, en su carácter de Editor Técnico, cambió frases y reorganizó la información contenida en los manuscritos originalmente entregados por los autores. Se espera no haber incurrido en sesgos invo-

luntarios, y que el mensaje de cada trabajo haya permanecido sin alteración. No obstante, el contenido técnico y científico es responsabilidad exclusiva de los autores.

Los trabajos fueron traducidos al idioma inglés por el Editor Técnico. Esta lengua juega un rol fundamental a nivel mundial en la ciencia y la tecnología, y es un instrumento corriente de comunicación en los mercados internacionales de bienes, de servicios y de información. Como de esta forma los trabajos podrán ser leídos y estudiados por la comunidad científica internacional, pensamos que así se le agrandan las fronteras al Uruguay. El INIA hace entonces una apuesta al concepto de la integración de los conocimientos, en un sentido amplio.

Se agradece el apoyo del Dr. Eduardo Indarte (INIA) en los aspectos organizativos, el de la Ing. Agr. Beatriz Etchechury en la parte logística y en el procesamiento de los textos, y el de Mario Rusconi (PEVECE Ltda.) por su eficiencia en la producción del volumen.

El evento fue patrocinado y financiado por el INIA.

Daniel Gianola
Montevideo
Agosto, de 1991

PREFACE

The present volume contains the Proceedings of a series of papers presented in a Forum about Genetic Improvement of Farm Animals in Uruguay that took place August 17 and 18 of 1991 in the "Dr. Aquiles Lanza" Conference Center of the City Hall of Montevideo.

The objectives of the Forum were: 1) to review principles and modern technologies of genetic improvement of dairy cattle and sheep, 2) to characterize and evaluate existing programs supporting genetic improvement of livestock in Uruguay, and 3) to discuss a proposal of the National Institute of Agricultural Research (INIA) of Uruguay concerning organization of research in this area. It is expected that the publication of these papers will make a contribution towards enhancing the competitiveness of the Uruguayan livestock industries as the country prepares itself to enter MERCOSUR, an economic community formed by Argentina, Brasil, Paraguay and Uruguay.

The Proceedings published are not as extensive as a series of full papers, but include much more ma-

terial than a book of Abstracts. The strategy followed is in the context of the publication policies of INIA, i.e., making possible that participants in Conferences, Symposia or Congresses have access to quality written information which is handed to them during the course of the event, as it was the case with this Forum. At any rate, it is felt that a fairly comprehensive picture of the situation of genetic improvement of livestock in Uruguay is given in this book, even when it is intended to publish the full papers in a near future.

The speakers are recognized Uruguayan scientists that work in Uruguay or overseas. Thus, the volume contains interesting suggestions regarding the strategies that this country can follow for genetic improvement of livestock. Unfortunately, a lack of additional resources and the course of the events dictated that it was not possible to invite other Uruguayan geneticists working overseas. Their contribution, undoubtedly, would have been invaluable.

The papers were edited primarily for style and form, and it is

hoped that the message contained in each paper was left unaltered. However, authors are responsible for the technical and scientific contents of their papers.

The manuscripts were translated into English. This language plays a central role, worldwide, in science and technology, and is a common means of communication in the international markets of goods, services and information. Thus, the papers will be available to the international scientific community. In this form, INIA makes a contribution towards the integration of knowledge, in a broad sense.

The help of Dr. Eduardo Indarte (INIA) with organizational matters, of Ing. Agr. Beatriz Etchechury with logistics and text processing, and of Mario Rusconi (PEVECE Ltda.) for his effectiveness in producing this volume is gratefully acknowledged.

The event was sponsored by INIA.

Daniel Gianola
Montevideo
August, 1991

CONTENIDO

(CONTENTS)

	Página (Page)		Página (Page)		Página (Page)
1. Perspectivas de la producción ganadera en el marco del MERCOSUR y de la situación internacional. (Perspectives for livestock production in the context of the MERCOSUR and of the international situation) Miguel R. Carriquiry	4-39	improvement of dairy cattle in Uruguay) Luis Salvarrey y Edgardo Cardozo		9. Experimentos con cruzamientos en el Uruguay. (Crossbreeding experiments in Uruguay) Juan C. Scarsi	26-60
2. Teoría de la evaluación genética de reproductores y su aplicación en países desarrollados. (Theory of genetic evaluation of animals and its application in developed countries) Daniel Gianola	6-41	5. Mejoramiento genético de bovinos para carne en el Uruguay. (Genetic improvement of beef cattle in Uruguay) Ricardo A. Cardellino	17-51	10. Estado actual y utilización de los cruzamientos en el Uruguay. (Situation and utilization of crossbreeding in Uruguay) Oscar Pittaluga	29-63
3. Aspectos estadísticos y computacionales de la evaluación genética de reproductores. (Statistical and computational aspects of genetic evaluation of livestock) Alicia L. Carriquiry	11-45	6. Experiencia nacional en pruebas de comportamiento a nivel de predio y en centrales de prueba en ganado Hereford. (Uruguayan experience with on-the-farm and central performance testing in Hereford cattle) Juan Méndez	19-53	11. Principios y estrategias del mejoramiento genético en ovinos. (Principles and strategies of genetic improvement in sheep) Gonzalo González	30-64
4. Estado actual y posibles estrategias para el mejoramiento genético del ganado lechero en el Uruguay. (Situation and possible strategies for genetic	14-48	7. Programas nacionales de evaluación genética usando toros de referencia. (National programs of genetic evaluation based on reference sires) Jorge Urioste	21-55	12. Contribución de la tecnología reproductiva al mejoramiento genético de la especie ovina. (Contribution of reproductive technology to genetic improvement of sheep) Mario Azzarini	34-68
		8. Aspectos teóricos de la utilización de cruzamientos. (Theoretical aspects of crossbreeding) Diego Gimeno	24-58	13. Los programas de mejoramiento genético ovino en el Uruguay. (Sheep improvement programs in Uruguay) Roberto C. Cardellino	36-70

PERSPECTIVAS DE LA PRODUCCION GANADERA EN EL MARCO DEL MERCOSUR Y DE LA SITUACION INTERNACIONAL

Miguel R. Carriquiry *

IMPORTANCIA

Las producciones ganaderas (carne vacuna, producción ovina y lechería) son la actividad fundamental del sector agropecuario uruguayo. En conjunto dan cuenta de aproximadamente dos tercios del Producto Bruto Agropecuario, ocupan algo más de 14 de los 15 millones de hectáreas dedicadas a la producción agropecuaria en el país, y son la actividad dominante en la amplia mayoría de los establecimientos agropecuarios.

A su vez, abastecen de materia prima a actividades industriales (frigoríficos, curtiembre e industria del cuero, textil lanera e industria láctea) que representan porcentajes significativos del Producto Bruto Industrial y de la ocupación de mano de obra por la industria manufacturera.

La importancia económica y social se completa con la apreciación de que abastece de alimentos a la población y, sobre todo, es el sostén del comercio de exportación del Uruguay. Las carnes, cueros, lanas y derivados y productos lácteos, representan algo menos del 50% del total del comercio de exportación del Uruguay.

EVOLUCION Y TENDENCIAS

La producción de carne vacuna

se realiza utilizando razas típicamente carniceras, no existiendo interdependencia con la producción de leche, que es a su vez una producción que se efectúa en establecimientos especializados, utilizando a su vez razas típicamente lecheras.

La producción ovina se orienta básicamente a la lana, lo que se refleja en la composición de la majada, a pesar de que para ello se utilizan razas doble propósito, con buena aptitud carnicera.

Las producciones bovinas y ovinas se realizan conjuntamente en una amplia mayoría de las explotaciones, dependiendo de las pasturas naturales (90% del área ganadera) para la alimentación de los animales.

Las tres actividades consideradas muestran un comportamiento disímil en la última década, que se evidencia por la evolución de las existencias de las distintas especies y de los indicadores de producción. Las existencias y la producción de carne vacuna muestran en general una tendencia descendente, que se agudiza hacia el final del período como consecuencia de la fuerte sequía sufrida en el bienio 1988-89. El número de cabezas de ganado de carne descendió de 10,7 millones de cabezas en 1980 a 8,1 millones en 1990.

Las existencias ovinas crecieron de 18,7 a 23,7 millones de cabezas en el mismo período, mientras que la

producción de lana pasó de 67,3 a 96,3 miles de toneladas. Esto resulta en una tendencia a la ovinización de las explotaciones ganaderas.

La producción de leche aumentó significativamente, creciendo la remisión a plantas de 470 a 701 millones de litros entre 1980 y 1990, sin producirse una variación significativa en las existencias de ganado lechero (670 y 658 miles de cabezas respectivamente) ni en la superficie dedicada a esta actividad. Esta tendencia se sustenta en una fuerte renovación tecnológica en las explotaciones lecheras, que resultó en mejoras en la alimentación del ganado (pasturas mejoradas) y en progresos en sanidad y en nivel genético.

SITUACION ACTUAL Y PERSPECTIVAS

En el caso del Uruguay, dado lo reducido de su mercado doméstico, el análisis debe basarse sobre las tendencias de los mercados internacionales, destino de prácticamente todo aumento de producción en el futuro. En los últimos años, la exportación ha sido el destino de algo más del 90% de la producción de lana, de entre un 30 y un 40% de la faena vacuna, y de entre un 40 y 50% de la remisión de leche a plantas industrializadoras.

Salvo en el caso de la lana, y en menor medida la carne ovina, estos mercados se encuentran altamente distorsionados por la utilización, por parte de los países desarrollados, de medidas de política que implican la utilización de uno o más de los siguientes instrumentos: a) estímulos a la producción doméstica, b) limitaciones al acceso de productos provenientes de otros países, y c) subsidios a las exportaciones de excedentes de producción.

El mercado internacional de la carne vacuna y de los productos lácteos, es el ejemplo más acabado de como las intervenciones de los gobiernos deforman las realidades económicas. Esto es a tal grado que para analizar las tendencias de estos mercados, es tanto o más importante considerar las políticas oficiales que los elementos convencionales del análisis del mercado. Dada la permanencia y estabilidad de estas políticas en las últimas décadas, el análisis de la situación y perspectivas de los mercados de productos ganaderos debe incluirlas como un elemento estructural.

Desde este punto de partida, se presenta un panorama general de la distribución mundial de la producción y el consumo de los productos considerados, así como de las tendencias a largo plazo de la oferta y la demanda. En este último caso se identifican los principales cambios ocurridos en las preferencias de los consumidores y su posible incidencia en los mercados del futuro.

El análisis de la situación actual de los mercados sirve de base para la formulación de hipótesis acerca de las perspectivas. Deben tenerse en cuenta los posibles resultados de las negociaciones de la ronda Uruguay del GATT, y la incidencia que la formación del MERCOSUR puede

tener sobre la producción ganadera regional y del Uruguay.

La producción y el comercio de carne vacuna y de productos lácteos se concentran en países desarrollados del hemisferio Norte. En el caso de los ovinos, resalta la importancia de la URSS y de Australia en materia de producción, y la dominancia de Australia, Sud Africa, Nueva Zelanda y Uruguay en el mercado exportador. A modo de ejemplo, se señala que los países desarrollados contribuyen alrededor del 70% de la producción mundial de carne vacuna (34,5 en 50 millones de toneladas) y aproximadamente el mismo porcentaje de las exportaciones mundiales (3,2 en 4,7 millones de toneladas, excluido el comercio intra-comunitario).

IMPACTO DEL MERCOSUR

La formación del MERCOSUR tendrá un impacto diferente sobre cada una de las actividades analizadas. La incidencia será mínima en el caso de la producción ovina, ya que la región es exportadora neta de lana y prácticamente no existe comercio de este producto entre Uruguay y sus países vecinos.

La producción lechera, en cambio, puede encontrar una situación propicia para impulsar una nueva etapa de crecimiento, ya que el MERCOSUR es deficitario en el abastecimiento de productos lácteos, dada la situación de Brasil. La creación de un mercado ampliado probablemente resultará en un estímulo significativo para la expansión de la producción de leche.

El panorama es menos claro para la producción de carne vacuna. La región es excedentaria y fuerte ex-

portadora neta, pero existe además un comercio intra-regional significativo para los volúmenes de producción y comercio del Uruguay (Brasil es en algunos años el principal destino de las exportaciones cárnicas del Uruguay). La libre circulación de ganados, a su vez, puede resultar en la relocalización de las distintas etapas de la producción (cría, recría y engorde) y de la industrialización, en función de las ventajas competitivas sub-regionales.

En cualquier caso, factores de gran importancia, como la disponibilidad de recursos naturales, la distribución de la población y sus variables demográficas, la estructura productiva y hasta elementos históricos, sugieren que la producción ganadera seguirá siendo una actividad de fundamental importancia para la economía uruguaya.

CONCLUSIONES

Partiendo de esta base, y teniendo en cuenta la situación de los mercados, la adopción de nuevas tecnologías es una necesidad básica para posibilitar el crecimiento de la producción ganadera y de la economía nacional en las actuales circunstancias. El mejoramiento genético es, junto con la nutrición y la sanidad, uno de los tres pilares básicos del progreso de la producción ganadera.

La preocupación creciente por la protección del medio ambiente y la necesidad de diseñar estrategias de desarrollo sostenible, así como la valorización de los productos "naturales", cuestionan las orientaciones del pasado en materia de desarrollo tecnológico. Todos estos elementos, que se manifiestan cada vez con mayor fuerza en términos de mercado, pautan un nuevo camino para los trabajos de mejoramiento genético.

TEORIA DE LA EVALUACION GENETICA DE REPRODUCTORES Y SU APLICACION EN PAISES DESARROLLADOS

Daniel Gianola *

INTRODUCCION

El problema del mejoramiento genético puede describirse de la siguiente forma: una vez definida una función de mérito para una población determinada, los animales con el mérito más alto se escogen como padres de la generación siguiente, para maximizar el mérito esperado en la progenie. El mérito debe ser heredable, en cuyo caso la transmisión genética obedece las reglas mendelianas. A menos que los animales sean completamente endocriados, los gametos producidos por un padre dado difieren, de forma tal que los genotipos ocurren en la progenie con probabilidad diferencial. Esto significa que existe incertidumbre con respecto al resultado genético de un apareo. Adicionalmente, el mérito genético para características de importancia económica no puede ser observado directamente, debido a la influencia de muchos factores ambientales. Por consiguiente, el mérito debe ser inferido a partir de registros de producción (registros de lactación) o de apreciaciones subjetivas (por ejemplo, dificultades al parto), lo cual introduce incertidumbre adicional. La primera fuente de incertidumbre se refiere a la información que una clase particular de parientes provee sobre un candidato a la selección. La

segunda, a la información que el valor fenotípico aporta sobre el genotipo. Por consiguiente, el análisis genético es un problema eminentemente estadístico.

El objetivo de este trabajo es presentar un panorama sobre las bases de la evaluación genética de reproductores, y describir algunas aplicaciones en ganado lechero. Se hace referencia a la situación uruguaya en algunos casos.

ELEMENTOS DE LA EVALUACION GENETICA

Una evaluación genética es una inferencia sobre el mérito de un animal y, como tal, está sujeta a error. El monto de este error, pero no su dirección, es cuantificable. El problema de la evaluación genética es bastante complejo, y una revisión de técnicas modernas se hace en los libros de Henderson (1984), y de Gianola y Hammond (1990). Hay varios aspectos en la evaluación genética: 1) definición de mérito; 2) desarrollo de un sistema de control de performance; 3) consideración de un modelo plausible para el análisis estadístico; 4) elección de una técnica de predicción o estimación; 5) desarrollo de algoritmos de cálculo; 6) uso de la información para

tomar decisiones de selección; 7) optimización de los planes de apareo; 8) diseminación de la superioridad genética, y 9) cuantificación del cambio genético logrado. Los aspectos (7), (8), y (9) son, en realidad, externos a la evaluación genética, pero se consideran para completar el tratamiento.

Definición de mérito

Una función de mérito (también llamada objetivo de selección) es una representación formal del valor genético de un animal que incluye las diferentes características, y su importancia económica relativa. Siguiendo los trabajos pioneros de Smith (1936) y Hazel (1943), el mérito ha sido definido como una combinación lineal de los valores genéticos aditivos para varias características como la producción de leche, el contenido proteico y la susceptibilidad a la mastitis. Cada característica es ponderada por su valor económico relativo, que es la primera derivada parcial de la función de mérito con respecto a la característica en cuestión.

Las funciones lineales de mérito todavía se emplean ampliamente, pero son conceptualmente ingenuas. En primer término, es improbable que al incrementar el nivel de una característica se obtenga siempre el

* Ing. Agr., M.Sc., Ph.D., Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, INIA - Montevideo, Andes 1365 p. 12, C.P. 11100 Montevideo, Uruguay, y Department of Dairy Science, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin 53706, U.S.A.

mismo retorno por unidad. Obviamente, aumentar el tamaño maduro de una vaca más allá de un nivel óptimo no es deseable. En segundo lugar, el valor de incrementar el nivel de una característica puede depender del valor promedio de otra. Por ejemplo, los retornos obtenidos al incrementar la sobrevivencia predestete en cerdos dependen del tamaño de la camada; esto es así porque la probabilidad de sobrevivencia decrece en la medida que la prolificidad aumenta. En términos más generales, una función lineal de méritos no observa la ley de los rendimientos decrecientes. Las funciones de mérito deberían ser, como mínimo, cuadráticas, lo cual se puede justificar matemáticamente.

En ganado lechero, al menos en los EEUU, la selección ha estado orientada a una sola característica, producción de leche, aunque también ha habido cierto énfasis en el tipo. Esto significa que la función de mérito ha sido bastante simple, aunque la situación está cambiando. Actualmente, existe un programa nacional de evaluación de toros Holstein para dificultades al parto, y un programa similar para el número de células somáticas en la leche está por ser lanzado.

La definición de mérito ha sido también restringida en el sentido que la atención se ha puesto exclusivamente en efectos genéticos aditivos. Con el advenimiento de mejores métodos de análisis, la evidencia ha comenzado a sugerir que efectos no aditivos como la epistasis o la dominancia pueden ser importantes intraraza. Algunos efectos epistáticos se transmiten de padres a hijos. Estudios llevados a cabo en Canadá, Illinois, y en el U.S.D.A. (Departamento de Agricultura de los EEUU) sugieren que toros y vacas lecheras pueden ser evaluados por efectos epistáticos aditivos x aditivos, y

programas adecuados de apareo pueden ser diseñados.

Sistema de control de registros

Una vez que se ha definido el mérito, corresponde analizar si es práctico o no obtener medidas de campo para las variables involucradas. Algunas características se pueden medir fácilmente, como la producción de leche, pero otras son complejas, o la medición es cara. Por ejemplo, la eficiencia en la conversión de alimentos en bovinos de carne o en cerdos puede medirse solamente en centros de investigación especializados. En este caso se debe recurrir a caracteres correlacionados tales como la ganancia de peso corporal durante un período específico.

El sistema de control de registros debe ser simple pero completo. En ganado lechero se debe controlar a todo el rodeo porque de otra forma, los datos pueden ser completamente sesgados, como son aquellos obtenidos cuando se miden vacas escogidas no al azar, o aquellas que han recibido tratamiento preferencial. A menos que todas las vacas sean controladas es imposible estimar correctamente el nivel de las compañeras de rodeo, contra las cuales se deben contrastar las hijas de un toro en particular. En realidad, es posible que la selección no al azar de las contemporáneas sesgue negativamente la evaluación de un toro dado. Obviamente, lo opuesto también puede ocurrir.

Los beneficios de un sistema de contralor lechero son bien conocidos, no sólo desde un punto de vista genético sino también desde la óptica del manejo. En 1985, alrededor de un 42% de todas las vacas en los EEUU fueron controladas (Voelker, 1985). La producción promedio de

todas las vacas en el país fue 5.900 kilos de leche y 215 kilos de grasa. Por otro lado, la producción promedio de vacas bajo control lechero fue de 7.100 kilos de leche y 262 kilos de grasa. Esta diferencia de alrededor del 20% no debe ser atribuida solamente al contralor lechero, ya que puede constituir un reflejo del hecho que los mejores productores tienden a practicar el contralor de la producción.

Desde el ángulo de la evaluación genética es esencial tener acceso a las genealogías de los animales. Los archivos informatizados que contienen los registros de producción deben ser combinados con aquellos en los cuales las genealogías han sido digitadas. Esto permite ponderar la información contribuida por los diferentes tipos de parientes de forma adecuada.

La situación está lejos de ser satisfactoria en el Uruguay. El nivel de contralor lechero ha sido extremadamente bajo e incompleto, a pesar de que su importancia fue reconocida desde 1935. Hoy en día hay dos programas, uno orientado a los rodeos de pedigree, y otro a los rodeos comerciales. Estos programas deberían ser complementarios y no antagónicos. En mi opinión, debería existir un solo programa de control lechero, pero con varias modalidades operativas, como es el caso en los EEUU. Genéticamente, sería ideal que se utilizara toda la población de ganado lechero, independientemente del status de pedigree, que es lo que se practica en Nueva Zelanda. Las vacas y los toros serían evaluados mucho más precisamente, y las posibilidades de avance genético podrían ser mayores. Esto, por supuesto, no excluye la posibilidad de que el ganado de pedigree reciba una evaluación separada. Las discrepancias entre es-

tos dos evaluaciones, una con los animales de pedigree y la otra con toda la población, pueden sugerir áreas de investigación, tales como la posibilidad de una diferente estructura genética, sesgos debidos al tratamiento preferencial, y las interacciones genotipo-medio ambiente.

Modelos estadísticos

Un modelo es una representación matemática de los factores que afectan a un registro de producción. Por ejemplo, un registro de producción de leche puede ser visto como el resultado de la suma del valor de cría de un animal más varios factores parásitos como el efecto del rodeo, edad de la vaca, intervalo parto-concepción, año y estación de parición, etc.. El problema estadístico consiste en separar el efecto de interés (el valor de cría) de aquellos de otros factores.

Los modelos pueden ser univariados (una característica) o multivariados (varias características son analizadas simultáneamente). Por ejemplo, un análisis puede incluir producción de leche, tenor butirométrico, y características de tipo racial simultáneamente. Otros caracteres como la dificultad al parto, o el número de servicios por concepción pueden requerir una especificación no-lineal. Por ejemplo, la probabilidad de sobrevivencia de una vaca lechera es una función lineal de su valor genético para la sobrevivencia.

Una especificación completa del modelo requiere el conocimiento de varianzas y de correlaciones genéticas. Hay métodos muy efectivos para estimar estos parámetros, y los mejores están basados en funciones de verosimilitud (Patterson y Thompson, 1971; Gianola y Foulley, 1990).

Técnicas de predicción

Si el mérito fuera observable, los animales elegidos serían aquellos que tienen el mérito más alto. Como esto no es posible, el análisis debe hacerse condicionalmente a la información disponible, y los animales a seleccionarse son aquellos con las medias condicionales más altas. Bulmer (1980), Goffinet (1983) y Fernando y Gianola (1986) demostraron que esta estrategia es óptima en el sentido de maximizar el mérito esperado en los animales seleccionados.

Si la distribución es normal multivariante, una aproximación razonable, pero no "mejor", a la media condicional es dada por BLUP (best linear unbiased prediction; Henderson, 1973). Gianola (1989) mostró que BLUP puede ser mejorado. Si los datos no son normales, o si la distribución es censurada, se deberían usar otras técnicas. (Gianola y Foulley, 1983; Harville y Mee, 1984; Carriquiry et al., 1987).

Hoy en día hay interés considerable en el modelo "animal". Este es simplemente una implementación de BLUP en la cual se emplean todas las relaciones conocidas entre los animales. Así, toros, vacas, terneros y aún embriones pueden ser evaluados conjuntamente. La incorporación de relaciones genealógicas también permite incrementar la precisión de la evaluación, y permite eliminar ciertos sesgos causados por la selección y por el apareamiento no aleatorio de los animales.

La predicción es, justamente, la evaluación de un animal, y tiene un error asociado con ella. Esto significa que un toro lechero con una evaluación "alta" puede tener hijas "pobres", y que otro con una evaluación "baja" puede procrear vacas de "alta" producción. Aceptar esta variabilidad es fundamental para un

entendimiento cabal del mejoramiento genético del ganado lechero porque existe variación aún entre copias idénticas de animales tratados diferentemente. Por ejemplo, si se divide un embrión en dos, y uno (A) se cría bajo condiciones de estabulación en Suecia, mientras que el otro (B) es mantenido sub-óptimamente en la región de Basalto del Uruguay, no sería sorprendente que la producción de leche de A exceda aquella de B en diez veces.

Estrategias de computación

Hasta hace poco tiempo, una serie de limitaciones de los equipos y de las técnicas de programación constreñían la aplicación de métodos avanzados como el BLUP con el modelo animal. En 1989, el USDA comenzó la evaluación de cientos de miles de vacas y de toros conjuntamente, usando el modelo animal. La estrategia de cálculo requiere el empleo de métodos iterativos para resolver más de un millón de ecuaciones simultáneas.

La técnica está ahora disponible en el Uruguay, como se señala en el trabajo de Alicia Carriquiry en este Foro. La situación es irónica en el sentido de que las técnicas están "aguardando" a los datos uruguayos, en lugar de lo opuesto. En los EEUU, el proceso de desarrollo insumió más de 20 años de trabajo antes que el modelo animal se pudiera aplicar al gran volumen de datos disponibles. Por otro lado, solamente unos pocos días de trabajo intenso fueron necesarios para instalar los programas en el Uruguay, mientras que los datos son escasos.

Decisiones de selección y de apareo

Una vez que las evaluaciones genéticas están calculadas, se deben

escoger los animales a ser utilizados como padres, los toros jóvenes a muestrear en una prueba de proge- nie, las vacas elite a emplear como madres de toros o como donantes en un esquema de transferencia de embriones, y los toros probados a refugarse.

La disponibilidad de las evalua- ciones genéticas permite hacer todo esto de forma racional e informada. En cierto sentido, se hace factibles el control de calidad, porque desaparece el misterio de la pista de juzga- miento, y el semen, animales y embriones a importar se pueden elegir de forma más juiciosa, con referencia al mérito genético de los animales nacionales. Aunque la evi- dencia de existencia de interaccio- nes genotipo x medio ambiente para la producción de leche es limitada en ganado lechero (al menos dentro del rango de ambientes templados y fríos), un programa nacional de evaluación genética permitiría estu- diarlas, así como contribuir a las comparaciones internacionales de toros. Esto le daría acceso al Uru- guay a INTERBULL (una organiza- ción mundial, especializada, de mejoramiento de ganado lechero).

Un problema potencial de la se- lección basada en evaluaciones ob- tenidas con el modelo animal es una posible elevación del nivel de con- sangüinidad; esto es así porque la técnica es una forma de selección familiar, de forma tal que la correla- ción entre valores de cría estimados en individuos diferentes es mayor de lo que sería bajo otro método selec- tivo. En el corto plazo, esto no debe- ría causar dificultades, particular- mente si el semen proveniente de países extranjeros continúa siendo disponible. De cualquier forma, si la consanguinidad se convirtiera en un problema, se pueden organizar pro- gramas de apareo que maximicen el progreso genético con el nivel de consanguinidad constreñido vía téc- nicas de programación lineal.

Diseminación de la superioridad genética y estimación del cambio genético

Con programas convencionales de prueba de proge- nie, después que los genes fluyen en todas las cate- gorías de edad de una población, se pueden obtener tasas de mejora- miento genético para la producción de leche del orden de 1 a 3% por año. Si, adicionalmente, se hace un es- fuerzo por capturar los avances he- chos en países desarrollados, la tasa de mejora podría llegar a un 5% anual en una etapa inicial, para des- pués retornar a un mejoramiento en estado estacionario de alrededor de 1 a 2% anual.

Se ha demostrado ampliamente en países desarrollados que esta teoría funciona. Norman (1986) mostró evidencia que el mérito ge- nético de las vacas lecheras en los EEUU creció en unos 65 kg por año entre 1978 y 1986. Con las técnicas BLUP ya disponibles en el Uruguay, el cambio genético logrado puede ser estimado simplemente prome- diando el valor de cría predicho para los animales nacidos en un año dado, y comparando este valor con el de aquellos para años previos.

CONCLUSIONES

Los elementos básicos de un programa efectivo de mejora de ganado lechero son: un buen progra- ma de contralor lechero, informa- ción genealógica, disponibilidad de un sistema de inseminación artifi- cial, tecnología estadística y de computación, y una política inteli- gente de importación, como lo han demostrado los casos europeos y el israelí. En el Uruguay, el cuello prin- cipal de botella, hoy en día, es la insuficiencia del contralor lechero y su pobre calidad.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Bulmer, M.G. (1980). *The Mathe- matical Theory of Quan- titative Genetics*. 255 pp. Clarendon Press, Oxford.
- Carriquiry, A.L.; Gianola, D.; Fer- nando, R.L. (1987) Mi- xed model analysis of a censored normal distri- bution with reference to animal breeding. *Biome- trics* 43, 929-939.
- Fernando, R.L.; Gianola, D. (1986). Optimal properties of the conditional mean as a selection criterion. *Theo- retical and Applied Ge- netics* 72, 822-825.
- Gianola, D. (1989). *Application of Bayesian Methods in Animal Breeding*. Mimeo. 290 pp. Station de Genetique Quantitative et Appliquee, INRA. Jouy-en-Josas, France.
- Gianola, D.; Foulley, J.L. (1983). Sire evaluation for orde- red categorical data with a threshold model. *Genetics Selection Evolution* 15, 201-224
- Gianola, D.; Foulley, J.L. (1990). Variance component es- timation from integrated likelihoods. *Genetics Selection Evolution* (En prensa).
- Gianola, D.; Hammond, K. (1990). *Advances in Statistical Methods for Genetic Improvement of Lives- tock*. 534 pp. Springer- Verlag, Heidelberg.
- Goffinet, B. (1983). Selection on selected records. *Genetics Selection Evolution* 15, 91-97

- Harville, D.A.; Mee, R.W. (1984). A mixed model procedure for analyzing ordered categorical data. *Biometrics* 40, 393-408.
- Hazel, L.N. (1943). The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics* 28, 476-490.
- Henderson, C.R. (1973). Sire evaluation and genetic trends. Proc. Symp. in Honor of Dr. J.L. Lush, American Society of Animal Science and American Dairy Science Association, 10-41 Champaign, Illinois, U.S.A.
- Henderson, C.R. (1984). Application of Linear Models in Animal Breeding. University of Guelph Press, Guelph.
- Norman, H.D. (1986). Sire evaluation procedures for yield traits. Fact Sheet H1, 9 pp. National Cooperative Herd Improvement Program Handbook. U.S.D.A.
- Patterson, H.D.; Thompson, R. (1971). Recovery of interblock information when block sizes are unequal. *Biometrika* 58, 545-554.
- Smith, H.F. (1936). A discriminant function for plant selection. *Annals of Eugenics* 7, 240-250.
- Voelker, D.E. (1985). History of Dairy Recordkeeping. Fact Sheet A2, 7 pp. National Cooperative Herd Improvement Program Handbook. U.S.D.A.

ASPECTOS ESTADISTICOS Y COMPUTACIONALES DE LA EVALUACION GENETICA DE REPRODUCTORES

Alicia L. Carriquiry *

CONSIDERACIONES GENERALES

El mejoramiento genético de reproductores, que se lleva a cabo a través de la selección de los "mejores" animales de una población, requiere disponer de predicciones confiables del valor de cría (o mérito genético) de los candidatos a ser seleccionados. La predicción de valores de cría es un problema complejo desde el punto de vista estadístico. Además, la cantidad de información disponible sobre la cual basar decisiones de selección puede ser enorme, lo cual torna la evaluación genética del ganado en un desafío desde el punto de vista computacional. Mientras que los procedimientos estadísticos y numéricos en uso hoy en día fueron desarrollados en los últimos veinte años, resulta ilustrativo revisar algunos de los trabajos pioneros en la teoría del mejoramiento genético, así como su evolución hasta nuestros días.

Gran parte de la metodología moderna en el área de mejoramiento genético encuentra sus raíces en el trabajo de Pearson (1903), quien derivó expresiones para las medias y varianzas condicionales de la distribución normal multivariada. Henderson (1990) afirma que, en efecto, los trabajos de Wright (1931) y Lush (1933), y los índices de selección de Smith (1936) y Hazel (1943) se

basan en los resultados de Pearson; es decir, consisten en la estimación de medias condicionales bajo el supuesto de normalidad de los datos.

Hasta entrados los setenta, la evaluación genética en ganado se llevó a cabo fundamentalmente a través del uso de índices lineales como los presentados por Smith (1936) y Hazel (1943). Cochran (1951) demostró bajo condiciones sumamente restrictivas, que siempre que la selección de animales se hiciera por truncación y la distribución fuera normal, la media del valor de cría de los animales se maximizaba usando el índice lineal. La idea de una importancia económica diferencial de distintos caracteres de producción fue introducida en aquellos años; en el índice, cada característica era ponderada de acuerdo a su valor económico percibido. De ese modo, era posible considerar más de un carácter simultáneamente al evaluar el mérito genético de un conjunto de animales.

A medida que comenzaron a aplicarse nuevas tecnologías reproductivas, como por ejemplo, la inseminación artificial con semen congelado, algunos de los supuestos implícitos en la metodología de los índices lineales se hicieron insostenibles. Especialmente problemáticos resultaban los supuestos de igual volumen de información y ausencia de parentesco entre los candidatos a

la selección, y de valores conocidos para los "efectos fijos" (o efectos ambientales) en la producción de los animales. También los productores podían elegir los padres para usar en sus rodeos entre una amplia gama de posibles padres, y usar padres jóvenes y otros ya probados, simultáneamente. La evaluación genética se hizo aún más complicada cuando comenzó a usarse información proveniente de diferentes rodeos, años y estaciones. En 1963, Henderson presentó BLUP (mejor predictor lineal insesgado), un método estadístico para predecir el mérito genético de un animal.

LAS TECNICAS DE HENDERSON

Inicialmente, Henderson (1963, 1973) introdujo BLUP como una forma de permitir la evaluación genética de toros lecheros, aún cuando la técnica fue aplicada posteriormente a otras especies. El método resolvía muchos de los problemas de los índices de selección: permitía la incorporación de toda la información disponible en cuanto a producción y pedigree para cada animal y significativamente, no requería del supuesto que los valores ambientales fueran conocidos. Es más, en el proceso de obtención del BLUP, también se obtienen estimas para los efectos fijos en el modelo.

Para obtener el BLUP de un conjunto de animales, es necesario resolver un sistema de ecuaciones lineales (las ecuaciones del modelo mixto), cuya dimensión es igual a la suma del número de animales a ser evaluado, más el número de niveles de otros efectos en el modelo. Aún cuando los animales a evaluar puedan ser relativamente pocos, suele suceder que el número de niveles de los otros efectos sea verdaderamente importante. Considere el lector la evaluación genética del ganado lechero en los Estados Unidos. Un subconjunto de los datos correspondientes a las lactancias iniciadas durante 1979-1981 incluía progenies de apenas 1.028 toros. Sin embargo, las lactancias se registraron en casi 114.000 combinaciones de los efectos rodeo-año-estación, determinando que, para calcular los BLUP de los 1.028 toros, fuera necesario resolver un sistema de 115.000 ecuaciones (Carriquiry, 1989). Cuando los computadores se convirtieron en herramientas de uso casi diario, algunos de los problemas numéricos de BLUP pudieron ser encarados, y la metodología pasó a ser la preferida para evaluar reproductores en casi todo el mundo.

En el cálculo de los BLUP de los valores de cría, se asume que el registro de producción de un animal puede ser representado por un modelo lineal mixto, que incluye efectos fijos (como los efectos del rodeo, año y estación), efectos genéticos aleatorios (como el efecto genético del padre o del animal en sí) y otros efectos ambientales aleatorios (como el ambiente permanente o temporario del animal). El método consiste en estimar los efectos fijos vía BLUE (mejor estimador lineal insesgado) y los efectos aleatorios (generalmente efectos genéticos) vía BLUP. Se asume que las varian-

zas de los efectos aleatorios y residuales en el modelo son conocidas. Como esto generalmente no es así, obtener BLUP realmente implica dos etapas: primero, se estiman las varianzas, quizás usando el método de REML (Máxima Verosimilitud Restringida; Patterson y Thompson, 1971). Luego, las varianzas estimadas se usan en lugar de los valores verdaderos en las ecuaciones de modelos mixtos para obtener una solución. A pesar que el uso de los valores estimados en lugar de los verdaderos ocasiona algunos problemas formales desde el punto de vista estadístico (Harville y Carriquiry, 1991), si los componentes de varianza se estiman precisamente, las evaluaciones obtenidas son, en la práctica, confiables.

Quizás sea justo aseverar que ningún otro desarrollo en el área de la teoría del mejoramiento genético haya tenido el impacto de BLUP. Basta notar que mucha de la investigación reciente se ha concentrado en resolver cuestiones de modelaje y computación en el cálculo de BLUP, y no de metodología. Excepciones son los trabajos de Gianola y Fernando (1986), Gianola y Foulley (1990) y Harville y Carriquiry (1991), entre otros.

EL MODELO ANIMAL

El modelo animal (descrito para bovinos de carne por Quaas y Pollak, 1980) es sólo uno de los modelos que pueden ser analizados con las técnicas de BLUP. El uso del modelo animal, ha permitido la incorporación de relaciones de parentesco conocidas que no podían ser contempladas con la matriz de parentesco entre padres en los modelos padre.

El volumen de información que se maneja hoy para tomar decisiones de selección en el mejoramiento genético ha estimulado la investigación en el área de los procedimientos numéricos (Schaeffer y Kennedy, 1986; Groeneveld y Kovac, 1990). Hoy ya es posible, incluso con computadoras relativamente pequeñas, resolver grandes sistemas de ecuaciones, de forma que se pueda evaluar un gran número de animales y para varias características simultáneamente. Programas como PEST, desarrollados por Groeneveld y Kovac (1990) permiten el cálculo de BLUP con un mínimo de esfuerzo, y la consideración de una gama de modelos de forma eficiente.

POSIBLES BENEFICIOS PARA EL URUGUAY

¿Está la tecnología dentro de las posibilidades del Uruguay? Aún cuando las ventajas de la utilización de métodos objetivos en la evaluación genética del ganado no pueden ser cuestionadas (es suficiente comparar la producción media actual de las vacas Holstein en los Estados Unidos con aquella obtenida en 1960, aún descontando la mejora en nutrición y sanidad), los requerimientos en materia de equipos de computación y programas hicieron que estas tecnologías no estuvieran al alcance de investigadores y criaderos uruguayos. Esto ya no es necesariamente así, puesto que los obstáculos han sido prácticamente eliminados. En estos momentos, está funcionando, en computadoras de la Universidad de la República, software con la más reciente tecnología, que permite llevar a cabo evaluaciones genéticas al más alto nivel. Sin embargo, queda una valla, alta, que saltar. Es importante que se

desarrolle un sistema de recolección de información de producción y de genealogía, a nivel nacional, que produzca datos para el análisis que sean objetivos y confiables. El desafío ha sido planteado y se hace necesario enfrentarlo.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Carrquiry, A.L. (1989). A Bayesian Approach to the Genetic Evaluation of Livestock. Unpublished Doctoral Thesis, Departments of Statistics and Animal Science, Iowa State University, Ames, USA.
- Cochran, W.G. (1951). Improvement by means of selection. En: Neyman, J. (ed) *Proceedings of the Second Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, pp 449-470.
- Gianola, D.; Fernando, R.L. (1986). Bayesian methods in animal breeding theory. *Journal of Animal Science* 63,217-244.
- Gianola, D.; Foulley, J.L. (1990). Variance component estimation from integrated likelihoods. *Genetics Selection Evolution* (En prensa).
- Groeneveld, E.; Kovac, M. (1990). A generalized computing procedure for setting up and solving mixed linear models. *Journal of Dairy Science* 73,513-531.
- Harville, D.A.; Carrquiry, A.L. (1991). Classical and Bayesian approaches to prediction. *Biometrics* (En prensa).
- Hazel, L.N. (1943). The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics* 28,476-490.
- Henderson, C.R. (1963). Selection index and expected genetic advance. En: *Statistical genetics and plant breeding*. National Academy of Science - National Research Council Publication No. 982, Washington, D.C., pp 141-163.
- Henderson, C.R. (1973). Sire evaluation and genetic trends. En: *Proceedings of the Animal Breeding and Genetics Symposium in Honor of Dr. J.L.Lush*. American Society of Animal Science and American Dairy Science Association, 10-41, Champaign, Illinois.
- Henderson, C.R. (1990). Statistical methods in animal improvement: general overview. En: Gianola, D. and Hammond, K. (eds) *Advances in Statistical Methods for Genetic Improvement of Livestock*, 2-14. Springer-Verlag, Heidelberg.
- Lush, J.L. (1933). The bull index problem in light of modern genetics. *Journal of Dairy Science* 16,501-522.
- Patterson, H.D.; Thompson, R. (1971). Recovery of interblock information when block sizes are unequal. *Biometrika* 58,545-554.
- Pearson, K. (1903). Mathematical contributions to the theory of evolution. XI. On the influence of natural selection on the variability of organs. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A* 200,1-66.
- Quaas, R.L.; Pollak, E.J. (1980). Mixed model methodology for farm and beef cattle testing programs. *Journal of Animal Science* 51,1277-1287.
- Schaeffer, L.R.; Kennedy, B.W. (1986). Computing strategies for solving mixed model equations. *Journal of Dairy Science* 69,575-579.
- Smith, H.F. (1936). A discriminant function for plant selection. *Annals of Eugenics* 7,240-250.
- Wright, S. (1931). On the evaluation of dairy sires. *Proceedings of the American Society of Animal Production* (Abstr.) 71.

ESTADO ACTUAL Y POSIBLES ESTRATEGIAS PARA EL MEJORAMIENTO GENETICO DEL GANADO LECHERO EN EL URUGUAY

Luis Salvarrey*; Edgardo Cardozo**

INTRODUCCION

La estructuración de un Programa Nacional de Mejoramiento Genético de Ganado Lechero requiere definir: 1) objetivos y criterios de selección; 2) sistemas de recolección y procesamiento de registros, y 3) evaluación genética de vacas y toros, y uso de los reproductores de mayor valor genético.

OBJETIVOS Y CRITERIOS DE SELECCION

Existe diversidad de objetivos y criterios de selección que reflejan intereses diferenciales entre los distintos agentes involucrados en la producción de leche. Los productores comerciales dependen económicamente de la remisión de leche y grasa, mientras que para el cabañero deben agregarse las características asociadas al tipo. Es indispensable analizar los objetivos y criterios de selección a incluirse con todos los protagonistas del desarrollo lechero, es decir, productores comerciales, cabañeros e industriales, dada la mutua dependencia existente.

RECOLECCION Y PROCESAMIENTO DE REGISTROS

En la evaluación de animales es necesario registrar las características por las cuales seleccionar lo más asiduamente posible. Para la producción de leche, ello significaría llevar registros diariamente y en ambos ordeñes, lo que es caro y carece de practicidad. Por consiguiente, es necesario lograr un compromiso entre la exactitud en la evaluación y el costo involucrado. McDaniel (1969) revisó la exactitud de distintos tipos de muestreo para estimar la producción de leche por lactancia.

Existe abundante literatura sobre la exactitud del control diario y de sistemas alternativos (Everett et al., 1968; Rao y Sundaresan, 1979). En general, se utiliza un control mensual en ambos ordeñes, que es lo establecido en el reglamento de control lechero oficial en el Uruguay (King, 1973; A.R.U., 1979).

Los registros son procesados para tomar decisiones de manejo a nivel del tambo, y para estimar valores de cría de vacas y toros. Luego del control (proceso mensual), se pueden tomar las medidas de manejo

necesarias para el mejor funcionamiento de la empresa. A este nivel es necesario disponer de los medios (computador y programa de procesamiento) en el tambo, o en centros regionales de fácil acceso para el usuario.

El procesamiento adicional de la información puede ser realizado más espaciadamente. En este caso se requieren programas más complejos y equipos de mayor capacidad. La disponibilidad de un centro nacional de procesamiento permitiría procesar grandes volúmenes de registros para la evaluación genética de vacas y toros. Además de equipos de computación de gran capacidad, este centro necesitaría programas estadísticos modernos de evaluación, personal técnico de alto nivel de especialización, apoyo en bibliografía y comunicación, preferiblemente vía computadora, con los centros mundiales de mejoramiento genético.

EVALUACION GENETICA DE VACAS Y TOROS

La evaluación genética de vacas lecheras se realiza en base a los re-

* Ing. Agr. M.Sc., Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, INIA - La Estanzuela, Casilla de Correo 39173, Colonia, Uruguay.

** Ing. Agr. Ph.D., Facultad de Agronomía, Av. Garzón 780, C.P. 11900 Montevideo, Uruguay y Plan Agropecuario, Montevideo, Uruguay.

gistros individuales de las características utilizadas en el programa de mejoramiento. Existe información nacional sobre la influencia de factores no genéticos (rodeo, año, estación y edad al parto) sobre la producción de leche y grasa (Vasallo, 1972; Fernández y Molinari, 1978; Della Mea y Viega, 1979; Pastori y Paullier, 1980; Berrutti y Grignola, 1987; Alonso y Montes, 1989).

Las metodologías modernas de evaluación genética de vacas y de toros requieren información productiva sobre los distintos grupos de progenie, y el conocimiento de las relaciones genealógicas entre los animales evaluados, lo cual permite ponderar las diferentes fuentes de información en forma óptima. A nivel nacional todavía no se dispone de esta información, pero se podría empezar aplicando métodos desarrollados por Lush hace cincuenta años. Esto igualmente representa un adelanto en relación a la situación actual. Paralelamente, se debe estructurar un sistema de registros que permita evolucionar rápidamente hacia formas más modernas y exactas de evaluación.

Hasta el presente, la selección de toros en el Uruguay se ha realizado exclusivamente en base a la producción de la madre, y en muchos casos se utiliza exclusivamente el registro de una sola lactancia. Butcher (1976) demostró que la exactitud así lograda es extremadamente baja.

La selección de toros de razas lecheras debe hacerse a dos niveles: 1) como terneros, utilizando la información de sus ancestros para su posterior inclusión en la Prueba de Progenie (sólo se incluyen los terneros con mejor índice), y 2) como adultos, una vez disponible la información relativa de sus hijas (Prueba de Progenie).

La información internacional demuestra el avance experimentado

en los valores de cría de las poblaciones de ganado lechero en países que han usado esta estrategia de evaluación junto con un uso masivo de semen de los mejores toros en la población comercial (Powell et al., 1985).

A nivel internacional la evaluación genética más moderna se basa en el uso de la técnica BLUP (best linear unbiased prediction) con el modelo "animal". El modelo "animal" permite incorporar todas las relaciones conocidas entre los animales. Así, las vacas y los toros son evaluados simultáneamente a los efectos de neutralizar los apareamientos no al azar (Meyer y Burnside, 1988). En las condiciones del Uruguay, donde la utilización de la monta natural es común, el modelo animal permite evaluar genéticamente vacas y toros con mayor exactitud que otros métodos estadísticos (Solbu y Steine, 1990).

En la actualidad se está prestando creciente atención a la utilización de la "Ovulación Múltiple y Transferencia de Embriones" (MOET) en sistemas alternativos de mejoramiento genético. Existen diferentes esquemas de funcionamiento del MOET, algunos de los cuales se complementan con la Prueba de Progenie (Esquema de hibridación) y otros que no requieren de ella, o Esquema Núcleo (Nicholas y Smith, 1983; Colleau, 1985). Ruane y Smith (1989) analizaron las ventajas a corto y largo plazo de "Esquemas Núcleo, Juvenil y Adulto" en relación al progreso genético logrado con la Prueba de Progenie. Desde el punto de vista nacional, es recomendable estudiar la técnica de MOET como metodología futura de mejora de ganado lechero. No es probable que se pueda implementar a corto plazo, dado que se requiere disponer de evaluaciones de los valores de

cría de vacas y toros. Con la tecnología disponible en la actualidad, la maximización del progreso genético se lograría vía la aplicación del modelo animal-BLUP para evaluar animales, más el uso de MOET para aumentar la tasa reproductiva de las vacas con mayor mérito genético (Woolliams, 1990).

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Alonso, J.; Montes, E. (1989). Análisis de factores no genéticos que influyen sobre los registros productivos de vacas de raza Normando. Tesis de Ing. Agr., Facultad de Agronomía, Montevideo. 107 pp.
- Asociación Rural del Uruguay (1979). Reglamento de Control Lechero, 5 pp.
- Berrutti, G.E.; Grignola, F.E. (1987). Análisis de la variación de registros de producción de leche, producción de grasa y porcentaje de grasa asociada a rodeo, año de parto, estación de parto y edad al parto. Tesis de Ing. Agr., Facultad de Agronomía, Montevideo. 131 pp.
- Butcher, K.R. (1976). Pedigree selection of young sires. National Workshop on Genetic Improvement of Dairy Cattle. Missouri, U.S.A., pp. 53-62.
- Colleau, J.J. (1985). Genetic improvement by embryo transfer within selection nuclei in dairy cattle. Genetics Selection Evolution 17, 499-538.

- Della Mea, J.C.; Viega, L.H. (1979). Efecto del peso y la edad al primer parto sobre la producción de vacas Holando. Tesis de Ing. Agr., Facultad de Agronomía, Montevideo. 78 pp.
- Everett, R.W.; Mc Daniel, B.T.; Carter, H.W. (1968). Accuracy of monthly, bimonthly and tri-monthly Dairy Herd Improvement Association records. *Journal of Dairy Science* 51, 1051-1058.
- Fernández, D.H.; Molinari, C.E. (1978). Evaluación de las lactancias según la época de parición. Tesis de Ing. Agr., Facultad de Agronomía, Montevideo. 113 pp.
- King, G.J. (1973) The National Cooperative Dairy Herd Improvement Program. U.S. Department of Agriculture ARS-49-4.
- Mc Daniel, B.T. (1969). Accuracy of sampling procedures for estimating lactation yield: a review. *Journal of Dairy Science* 52, 1742-1761.
- Meyer, K.; Burnside, E.B. (1988). Joint sire and cow evaluation for conformation traits using an individual animal model. *Journal of Dairy Science* 71, 1034-1049.
- Nicholas, F.W.; Smith, C. (1983). Increased rates of genetic change in dairy cattle by embryo transfer and splitting. *Animal Production* 36, 341-353.
- Pastori, H.; Paullier, G. (1980). Determinación de factores de corrección de registros de producción de leche según edad al parto. Tesis de Ing. Agr., Facultad de Agronomía, Montevideo. 104 pp.
- Powell, R.L.; Norman, H.D.; Wiggans, R.G. (1985). Trends of breeding values of dairy sires and cows for milk yield since 1960. *Journal of Dairy Science* 68 (suppl. 1), 221 (Abstr.).
- Rao, M.K.; Sundaresan, D. (1979). Reliability of different test intervals in estimating the lactation yield and sire evaluation. *World Review of Animal Production* 15, 55-59.
- Ruane, J.; Smith, C. (1989). The genetic response possible in dairy cattle improvement by setting up a multiple ovulation and embryo transfer (MOET) nucleus scheme. *Genetics Selection Evolution* 21, 169-183.
- Solbu, H.; Steine, T. (1990). Improving selection of young sires. Proceedings of the 4th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production XIV, 25-34. Edinburgh.
- Vasallo, C. (1972). Efecto de la época de parto y número de lactancia sobre el rendimiento de la lactancia. Tesis de Ing. Agr., Facultad de Agronomía, Montevideo. 70 pp.
- Woolliams, J.A. (1990). Strategies to maximise selection progress in dairy cattle. Proceedings of the 4th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production XIV, 15-24. Edinburgh.

MEJORAMIENTO GENETICO DE BOVINOS PARA CARNE EN EL URUGUAY

Ricardo A. Cardellino *

INTRODUCCION

La implementación de planes de mejoramiento genético en bovinos para carne sigue una secuencia de etapas: 1) definición de objetivos y de las medidas a registrar; 2) organización de los controles de producción; 3) procesamiento de datos, y 4) utilización de los datos en la selección.

La investigación debe proveer información sobre: 1) razas y diferencias entre ellas en los aspectos productivos; 2) parámetros genéticos y fenotípicos, y efectos de los principales factores ambientales; 3) sistemas de producción actuales y potenciales, físicos y simulados; 4) estructura de las poblaciones (cabañas, rodeos comerciales) y sistemas actuales de selección; 5) producción de razas puras y en cruzamientos, y 6) el mercado de la carne y la evolución de la demanda.

OBJETIVOS DEL MEJORAMIENTO

En líneas generales los objetivos del mejoramiento genético de los bovinos para carne incluyen la capacidad reproductiva, fertilidad, sobrevivencia, habilidad materna, velocidad de crecimiento, peso de la carcasa y niveles de gordura, principalmente. Esto es una simplificación y existen métodos formales de desarrollar los objetivos, que deben

distinguirse claramente de los criterios de selección. Los primeros son la combinación de todos los caracteres de importancia económica para los sistemas de producción de carne bovina, y los segundos son los caracteres usados en la estimación de valor genético de los animales. Ponzoni y Newman (1989) describen un método secuencial para desarrollar objetivos en bovinos para carne, que incluye los siguientes pasos: a) especificación de los sistemas de cría, producción y mercado; b) identificación de las fuentes de ingreso y de gastos en los rodeos comerciales; c) determinación de los caracteres biológicos que determinan ingresos y gastos, y d) derivación de los caracteres económicos de cada carácter. Aunque en la práctica la selección no se haga por un índice, su desarrollo revela no sólo la importancia de cada carácter sino las áreas de conocimiento deficientes, lo que orienta los planes de investigación.

CONTROLES DE PRODUCCION Y PROCESAMIENTO DE DATOS

La organización de los controles de producción se encuentra bastante adelantada en el Uruguay, pues desde la década de los 70 se vienen realizando pruebas de comportamiento a nivel de cabaña, que constituyen la base de un programa de

mejoramiento genético de escala nacional. Por ahora se realizan en las razas Hereford y Aberdeen Angus, auspiciadas por las Sociedades de Criadores respectivas.

Desde que se comenzó a controlar la producción en establecimientos en el Uruguay, ha habido una evolución en el procesamiento de la información y en los datos que se le ofrecen al productor para realizar la selección de animales y orientar la compra de reproductores o semen. Históricamente se comenzó por realizar evaluaciones de peso y de conformación, ajustando el peso al destete a una edad standard (205 días) y corrigiendo por factores como la edad de la madre, y obteniéndose índices relativos de los animales probados, con promedio 100. Estos índices sirven para comparaciones dentro de grupos contemporáneos, y no incorporan informaciones relativas a las cabañas y a los diferentes años. Tampoco es posible una estimación del progreso genético logrado.

Pollak (1988) describe los sistemas de predicción del valor genético usados actualmente en bovinos para carne. El uso de la teoría BLUP (mejor predicción lineal insesgada) lleva a que cada fuente de información tenga un peso apropiado en la estimación del valor genético, o de la llamada diferencia esperada en la progenie. El modelo utilizado con mayor frecuencia es el modelo "animal", que posee varias ventajas:

* Ing. Agr., M.Sc., Ph.D., Departamento de Zootecnia, UFPEL, 96001 Pelotas, RS, Brasil.

a) se incluye en la evaluación del individuo información de él y de sus parientes, a fin de aumentar la exactitud de la evaluación; b) se pueden incluir en el análisis caracteres como el peso al destete que tiene componentes directos y maternos; c) se pueden eliminar los efectos del apareamiento no aleatorio, tomando en consideración el mérito genético de las madres; d) se considera la superioridad o inferioridad genética de los grupos contemporáneos, y e) se usa información sobre caracteres correlacionados en un análisis multi-caracter. La evolución de los métodos de análisis ha permitido el aprovechamiento de la información de campo de todas las cabañas dentro de las razas, siempre que haya un mínimo de conectabilidad en cuanto al uso de toros. Las Sociedades de Criadores pueden establecer toros referencia, y su distribución en las cabañas.

La utilización de los datos en la selección es un problema mundial. A pesar de que conocemos la tecnología hay poca comprensión de su utilidad en cabañas y rodeos comerciales, por lo que enfrentamos una labor educativa y de extensión a todos los niveles.

POSIBILIDADES

Las perspectivas para el mejoramiento genético de bovinos para

carne en el Uruguay son auspiciosas. Por un lado, la integración regional presionará las cabañas nacionales a situarse en un nivel de uso de tecnología de acuerdo a normas internacionales, para ser competitivas en cuanto a la venta de material a los otros países, y frente a la importación de semen. Existen las Sociedades de Criadores de las diferentes razas que ya tienen estructuras muy sólidas para poder organizar programas de mejoramiento, y algunas con tradición en pruebas de comportamiento en cabañas y centrales de prueba, además de algunas experiencias a nivel privado. Las razas más numerosas, con rodeos grandes, pueden realizar programas similares a los de Australia, Canadá, Estados Unidos y Nueva Zelandia, con el objetivo de implementar un sistema nacional de evaluación de toros. Para las razas menos numerosas y con rodeos menores sería más apropiado adaptar esquemas europeos de mejoramiento genético, atendiendo también una demanda de estas razas para fines de cruzamiento.

Algunos cambios en la producción de carne ocurrirán seguramente con la proyectada integración regional. No sabemos que futuro tiene la producción del novillo tradicional de varios años de edad y con crecimiento oscilatorio, frente a una demanda creciente por animales jóvenes, de gran tamaño y con carne magra. Estos cambios ejercerán

presión también sobre los programas de mejoramiento genético. Por ejemplo, con faenas a edades tempranas, el peso al destete es un carácter mucho más importante y crítico que en la explotación tradicional. Las características de la carcasa, en especial lo que tiene que ver con contenido de grasa, van a tener que ser consideradas. Esta capacidad de reacción estará dada por una integración dentro del Uruguay, entre los cabañeros, los productores y sus agremiaciones por un lado, y los técnicos y las instituciones de enseñanza e investigación por el otro, cuya acción conjunta es imprescindible para alcanzar las metas propuestas.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Pollak, E.J. (1988). Current genetic prediction systems used in the beef cattle industry. En: Proc. Beef Improvement Federation. Albuquerque, NM, 5-12. BIF, North Carolina State University, Raleigh.
- Ponzoni, R.W.; Newman, S. (1989). Developing breeding objectives for Australian beef cattle production. *Animal Production* 49,35-47.

EXPERIENCIA NACIONAL EN PRUEBAS DE PROGENIE A NIVEL DE PREDIO Y EN CENTRALES DE PRUEBA EN GANADO HEREFORD

Juan Méndez *

Desde 1962 la Estación Experimental "La Estanzuela" incluyó dentro de sus proyectos el registro, estudio y análisis del comportamiento de ganado en condiciones de pastoreo. Los resultados de estos trabajos crearon las bases de un programa de mejoramiento que complementa la tarea de selección y manejo en las principales cabañas de pedigree a partir del año 1968. Unos años más tarde, el programa se amplió, instituyéndose una Central de Pruebas de Toros ubicada en Kiyú.

El objetivo de este trabajo es presentar algunos resultados de estos esfuerzos orientados a mejorar el nivel genético de la raza Hereford en el Uruguay.

LAS PRUEBAS DE COMPORTAMIENTO EN CABAÑAS

Desde 1968, la información obtenida consiste en el registro de pesos individuales a los 6, 15 y 18 meses de edad, y en datos sobre condiciones de manejo y tratamientos nutricionales (campo natural, pradera, etc.), a los efectos de poder definir grupos contemporáneos de comparación. La misma fue recogida

por personal especializado hasta 1982, y por los cabañeros a partir de entonces.

Con esta información, los pesos al destete se han ajustado por edad de la madre al parto utilizando factores aditivos revisados periódicamente. Por ejemplo, las diferencias encontradas en crecimiento diario predestete promedio para 5.720 madres del ejercicio 1990-91 fueron: 0.726 kg para terneros de madres de 3 años, 0.770 kg para madres de 4 años, 0.786 kg para madres de 5 años, 0.828 kg para madres de entre 6 a 9 años, y 0.797 kg para madres de 10 o más años.

Las cabañas reciben un inventario de la información recogida en cada pesada y la valoración de cada individuo, consistente en los pesos corregidos por edad expresados en valores absolutos y relativos al promedio de cada grupo contemporáneo de comparación.

Desde 1968 se han integrado a las pruebas un total de 128.322 animales, destacándose la década del 80 durante la cual anualmente intervinieron 81 cabañas con 7.800 animales (un promedio de 97 animales por cabaña). Se controlan actualmente 68 cabañas y 5.720 animales. Un 54% de las cabañas están situadas en el Litoral del país, el 21% en

el Centro, el 13% en el Este y el 12% en el Norte. Los departamentos de Río Negro (21%), Soriano (17%), Paysandú (15%) y Durazno (14%) aportan un 67% de los animales controlados.

Las cabañas trabajan con una gran cantidad de vacas de reemplazos, y con pocas de elevada edad. Un 50% del rodeo está formado por madres de 5 años o menores, y un 6% de las madres tienen 10 o más años.

Los nacimientos se distribuyen en un 77% en primavera, un 15% en el invierno, 5% en otoño y un 3% en el verano. El mes de Octubre presenta la máxima frecuencia de nacimientos, con un 32% de los mismos. Los valores de ganancia diaria predestete para 4.970 terneros nacidos en los meses de Agosto, Setiembre, Octubre y Noviembre de 1990 fueron de 0.842 kg, 0.827 kg, 0.786 kg y 0.780 kg, respectivamente. Los valores de ganancia diaria total hasta los 18 meses de edad para 3.617 animales nacidos en los mismos meses de 1989 fueron de 0.594 kg, 0.564 kg, 0.532 kg y 0.511 kg, respectivamente.

El cuadro 1 describe el crecimiento obtenido bajo distintos tratamientos nutricionales en 5.720 hembras nacidas durante 1990, y 4.316 toros y vaquillonas nacidas en 1989.

CUADRO 1. Crecimiento de animales Hereford en pruebas de comportamiento durante 1989 y 1990 bajo distintos manejos nutricionales.

Tratamiento nutricional	% de los animales	Crecimiento (kg) hasta el destete		Crecimiento (kg) hasta 540 días	
		Machos	Hembras	Machos	Hembras
Campo natural	63	0,793	0,751	0,534	0,434
C.natural + Pradera	24	0,894	0,822	0,649	0,514
Pradera	7	1,153	0,986	0,790	0,751
Racionados	6	1,223	1,051	1,005	0,789

Se han estimado tendencias de crecimiento anual de 1.3 a 8.8 kg para pesos corregidos al destete, y de 3.2 a 5.3 kg para los pesos a los 18 meses de edad.

Es necesario mejorar de inmediato la cantidad y calidad de la información recogida, analizada y enviada a cada cabaña.

LA CENTRAL DE PRUEBA KIYU

En la Central de Prueba han sido evaluados hasta la fecha 2.330 toros seleccionados provenientes de 91 rodeos controlados de pedigree. La evaluación consiste en la medición de algunas características productivas bajo condiciones controladas de manejo y pastoreo.

El ingreso de los toros ha estado sujeto a condiciones anuales reglamentadas que contemplan el promedio nacional de crecimiento predeste,

el comportamiento materno y la época de nacimiento. También se regula el crecimiento postdestete hasta el inicio de la prueba, y se establecen controles de conformación racial y exigencias sanitarias.

Durante el período de prueba, cuya duración promedio ha sido de 228 días con un rango entre años de 203 a 266 días, los toros se manejaron dentro de un sistema avanzado de pastoreo.

Las praderas permanentes han ocupado de un 20 a un 48% de las 283 ha de la Central, habiéndose utilizado principalmente Lotus y Festuca, además de trébol blanco, trébol rojo y achicoria. Los cultivos anuales han ocupado de un 11 a un 32% del área, utilizándose principalmente avena y sorgo forrajero, y en menor grado raigrás y trigo forrajero.

Promedios y rangos para las características principales evaluadas en la Central de Pruebas se presentan en el Cuadro 2.

CUADRO 2. Promedios y rangos de las características principales de crecimiento para los 2.330 toros participantes en las 15 pruebas de Central Kiyú.

Característica	Promedio	Rango Anual		Rango Individual	
		DE	A	DE	A
Ganancia predestete (kg)	0,917	0,844	0,981	0,593	1,614
Índice al destete (%)	115	112	117	100	146
Gan. Dest-Ing (*) (kg)	0,520	0,196	0,774	-0,615	1,361
Ganancia en prueba (kg)	0,825	0,673	0,902	0,117	1,219
Peso a 18 meses (kg)	479	416	520	301	625
Peso a la venta (kg)	598	535	661	410	812

(*) Ganancia desde el destete al ingreso a Prueba

La variable más importante en este tipo de evaluación es la ganancia diaria en prueba, la cual se estima por regresión. En 13 de las 15 pruebas consideradas se observó una relación positiva ($P < .01$) entre la ganancia en prueba y el peso a los 18 meses. En 3 pruebas se encontró una relación negativa ($P < .01$) entre la ganancia pre-destete y la ganancia en prueba. Adicionalmente, la correlación entre la ganancia desde el destete hasta el ingreso y la ganancia en prueba fue negativa ($P < .01$) en 8 de las pruebas; en éstas, el coeficiente de correlación varió entre -0.41 y -0.21.

Un 65% de los toros ingresados participaron en las ventas, variando entre un 57 a 71% entre años. Un 9.7% de los ingresos se eliminaron debido a rechazos (5.3%); muertes (2.3%) e infertilidad (2.1%). El 82% de los rechazos fueron debidos a objeciones en conformación, y a lesiones podales o penianas. Un 70% de las muertes fueron causadas por meteorismo y peritonitis. Las anomalías testiculares, la vesiculitis y la baja calidad seminal explicaron el 77% de las eliminaciones por fertilidad.

Se estimó una tendencia de incremento anual de 0.009 kg para ganancia por día de edad; 3.9 kg para peso a los 18 meses de edad, 8.4 kg para peso a la venta, y 7 mm para altura al anca.

PROGRAMAS NACIONALES DE EVALUACION GENETICA USANDO TOROS DE REFERENCIA

Jorge Urioste *

INTRODUCCION

La producción de carne constituye en el Uruguay uno de los rubros más importantes desde el punto de vista económico. El mejoramiento genético por selección es uno de sus pilares básicos, conjuntamente con la nutrición, el manejo y la sanidad. A pesar de su lentitud relativa, este factor aporta un avance permanente y acumulativo, a través de los años, en la producción. Esta característica del mejoramiento genético le imprime un valor económico considerable.

Un programa de mejoramiento genético tiene también otras ventajas: racionaliza el uso de semen nacional e importado, promueve y prioriza los recursos genéticos nacionales, genera ocupación y desarrollo dentro de fronteras y fomenta la competitividad del rubro en el entorno regional.

El objetivo del presente trabajo es delinear los rasgos de un sistema nacional de evaluación genética usando "toros de referencia". Ello se hace a partir de la incipiente experiencia nacional en este tipo de sistemas, y de la abundante literatura internacional. Dicho sistema se ubica en el contexto de un programa global de mejoramiento genético, se presentan sus antecedentes y se discuten sus ventajas, limitaciones y perspectivas.

CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE EL MEJORAMIENTO GENETICO

Los sistemas de evaluación genética de animales deben ser considerados en un contexto mayor, en el cual la evaluación es sólo una parte del mejoramiento genético. Es necesario disponer de cierta información previa para optimizar dichos sistemas. Según Danell (1980), los pasos a dar para organizar científicamente un plan de selección 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, y 6) estimación del cambio genético logrado. El diseño de un esquema de evaluación y de selección, y su puesta en marcha, deben realizarse después de haber decidido las características a medir y mejorar, y de cuantificar su variación y sus causas.

EVOLUCION DE LOS SISTEMAS DE EVALUACION GENETICA EN BOVINOS DE CARNE

La mejora genética de las poblaciones de ganado de carne tiene una

larga historia en el Uruguay. La introducción de razas británicas (Hereford, Aberdeen Angus y Shorthorn) y su posterior selección por apreciación visual fueron un primer mojón en el camino. La introducción de sistemas de medición objetiva de características de crecimiento, plasmado en pruebas de comportamiento a nivel predial y central, fue otro hito histórico de especial significación.

Información proveniente de países con sistemas pastoriles similares al nuestro (Dalton y Morris, 1978; Mc Clintock et al., 1981) ha señalado importantes limitaciones de las pruebas centrales de comportamiento. Estas limitaciones se relacionan a la dificultad de eliminar los efectos del ambiente pre-prueba, y a posibles diferencias entre las condiciones en las cuales se realiza la prueba, y aquellas bajo las cuales produce la progenie de los toros así evaluados.

Dichos estudios sugerían otras formas de evaluación basadas en el uso de los tests en los propios establecimientos, los cuales se conectan entre sí a través de toros de uso común, los así llamados "toros de referencia".

Los problemas analíticos, sobre todo de orden estadístico, que se presentan en estas evaluaciones pueden hoy resolverse gracias al desarrollo de la "metodología de modelos mixtos" presentada por Henderson (1973). Estas técnicas

permiten obtener una conexión estadística entre distintos rodeos, hacen un uso más efectivo de la información, y logran un mejor ordenamiento de los animales por su mérito genético.

Esta metodología se emplea ampliamente en países con ganadería de carne avanzada, tales como Australia y los EEUU.

Un caso particular de estos métodos es el llamado "modelo animal" (Quaas y Pollak, 1980) que permite evaluar simultáneamente a todos los animales de ambos sexos, a sus ancestros y a su progenie. En el Uruguay, esquemas de evaluación basados en estos principios han sido presentados por González (1983) y por Aguirrezabala y Urioste (1988).

SISTEMAS BASADOS EN TOROS DE REFERENCIA

Un programa nacional de evaluación debe basarse en un sistema que permita comparar el valor genético de los animales entre y dentro de rodeos. Esto se puede lograr conectando dichos rodeos a través de toros de uso común ("toros de referencia"), los cuales mediante la inseminación artificial, producen descendientes en los distintos establecimientos participantes. El valor genético promedio de las progenies de los "toros de referencia" en distintos establecimientos es el mismo, por lo que las diferencias observadas entre ellos son atribuibles a diferencias ambientales entre rodeos. La comparación entre los grupos de progenie de los toros propios del establecimiento con los grupos de progenie de uno o varios 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. De este modo, los valores de cría de todos los toros se expresan en una base común y pueden compararse entre ellos. Los mismos principios se extienden a la comparación de vacas y de terneros.

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 usuario. Una correcta toma de registros incluye los siguientes aspectos: a) identificación única y permanente de todos los animales y de sus progenitores; b) registros de pesos a diferentes edades (al nacer, al destete, etc.), y c) registros de servicio y parición de las hembras. Además deberá asegurarse un número mínimo de hijos por padre y, dentro del establecimiento, una crianza de los animales en similares condiciones ambientales, sin tratamientos preferenciales.

La información recolectada a través de planillas se devuelve al criador con diferentes niveles de procesamiento. Estas pueden incluir desde simples promedios y pesos corregidos por diversos efectos ambientales sistemáticos, hasta cálculos de valores genéticos y de tendencias genéticas para las características sujetas a la selección.

Estos principios están actualmente siendo aplicados en un Sistema de Evaluación de Reproductores Aberdeen Angus que implementa la Facultad de Agronomía del Uruguay. Los modelos estadísticos a aplicar están aún en discusión, pero sin duda no diferirán de los actualmente utilizados en otros países. En ganado de carne, la consideración de

efectos maternos forma parte importante de este tipo de modelos.

Este sistema de evaluación tiene 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, así aumentándose la precisión de las estimaciones; 3) se realiza una evaluación simultánea de todos los animales, incluyendo aquellos 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) se permite estimar las tendencias genéticas en cada rodeo, y en general, realizar estudios de las poblaciones animales; 7) se evalúa animales en el mismo ambiente en que van a producir, y 8) se pueden considerar simultáneamente características reproductivas y de habilidad materna.

Como limitaciones, se puede 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 se diluye; 3) se necesita crear conexiones genéticas entre rodeos, lo cual presupone el funcionamiento de un sistema de inseminación artificial, y 4) debe existir un buen servicio de extensión que ayude al productor a utilizar la información generada.

CONCLUSIONES

Los planes nacionales de mejoramiento genético son de indudable

importancia para el país. Desde el punto de vista del criador, el acceso a la mejor tecnología disponible le brinda la oportunidad de competir efectivamente (Willham, 1988), lo cual es de crucial importancia en la actual coyuntura económica regional. Las ventajas técnicas 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.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Aguirrezabala, M.; Urioste, J. (1988). ¿Es posible una mayor eficiencia en la evaluación genética de toros de carne? *Anuario Sociedad Criadores Aberdeen Angus del Uruguay*. Agosto 1988, 44-49.
- Dalton, D.C.; 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, O. (1980). Studies concerning selection objectives in animal breeding. Report 42. Department of Animal Breeding and Genetics. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.
- González, G.E. (1983). Mejoramiento genético en bovinos de carne. Congreso Nacional de Ingeniería Agronómica, Setiembre 1983, 14-16. Montevideo, Uruguay.
- Henderson, C.R. (1973). Sire evaluation and genetic trends. Proc. Symp. in Honor of Dr. J.L.Lush, American Society of Animal Science and American Dairy Science Association, 10-41. Champaign, Illinois, U.S.A.
- Mc Clintock, A.E.; Hammond, K.; Freer, R.E. (1981). Central performance test stations for the Australian beef industry. Report to the Angus Society of Australia. Animal Genetics and Breeding Unit, Armidale, Australia.
- Quaas, R.L.; Pollak, E.J. (1980). Mixed model methodology for farm and ranch beef cattle testing programs. *Journal of Animal Science* 51, 1277-1287.
- Willham, R.L. (1988). Selection objectives and programs applied to beef breeds in order to improve efficiency: North American example. *Proceedings of the 3rd. World Congress on Sheep and Beef Cattle Breeding* 2, 261-273. Paris, France.

ASPECTOS TEORICOS DE LA UTILIZACION DE CRUZAMIENTOS

Diego Gimeno *

INTRODUCCION

El mejoramiento genético animal se basa en la utilización de la variación existente a nivel poblacional. Esta puede ser dividida en dos fuentes: dentro y entre razas. Estas últimas son grupos genéticos cerrados mantenidos separadamente. Las diferencias entre razas pueden ser debidas: a la deriva genética en pequeñas poblaciones aisladas por barreras geográficas, biológicas o de manejo; a la fuerza de la selección natural y de la mutación, produciendo cambios en la frecuencias génicas, y a la selección artificial, con diferentes intensidades en distintas características.

Los métodos alternativos para usar estas fuentes de variación, en un sistema de producción comercial, son (Koch et al.; 1989): 1) seleccionar dentro de razas y absorber los rodeos comerciales por las razas superiores; 2) usar sistemas de cruzamiento para utilizar la heterosis y optimizar las características de importancia económica, y 3) cruzar razas para formar un pool genético que tenga una mezcla deseable de características y entonces aparear "inter se" y seleccionar, creando una raza "compuesta" o nueva.

La eficiencia de estos métodos depende de varios factores (Dickerson, 1969): 1) la tasa reproductiva de la especie; 2) la magnitud de la heterosis en el comportamiento individual, maternal y paternal, y la pérdi-

da de la superioridad epistática en las razas debido a la recombinación producida; 3) la magnitud de las diferencias aditivas entre razas, en el comportamiento individual, paternal y maternal, y 4) la importancia de la interacción entre los componentes genéticos y el manejo y/o mercado.

En el diseño de sistemas de cruzamientos o en la formación de razas compuestas hay que tener en cuenta la heterosis, las diferencias genéticas entre razas y la complementariedad. Es importante comprender la base teórica de estos conceptos para poder diseñar programas genéticos más eficientes.

HETEROSIS

Una de las consecuencias cuando se aparean individuos de razas diferentes es la posible manifestación de heterosis. Esta palabra (Shull, 1948) se refiere al incremento de producción de las cruza respecto a las razas parentales. Este autor la propuso en sustitución de heterocigosis, estando así libre de cualquier hipótesis genética.

En producción de vacunos para carne se definen tres tipos de heterosis (Sheridan, 1981): 1) individual, que es el incremento en producción de los animales cruza (incluidos los recíprocos) con respecto al promedio de los animales de las razas parentales que no es atribuible a efectos paternos, maternos o ligados

al sexo. 2) Maternal, o incremento en producción debido al uso de madres cruza en relación a madres de raza pura; y 3) paternal, que mide la ventaja en usar padres cruza vs. puros, en el comportamiento de la progenie.

El conocimiento de la base genética de la heterosis es fundamental para diseñar sistemas de cruzamiento, o en la creación de razas compuestas. Los componentes no aditivos involucrados son basados en la interacción intra (dominancia) e inter (epistasia) locus.

En la teoría de la dominancia (Falconer, 1981) la heterosis se debería a las diferencias en frecuencias génicas entre las poblaciones cruzadas, y a los efectos de dominancia. En esta teoría se establece una relación lineal entre la heterosis y la heterocigosis, con lo cual se pueden predecir los niveles de heterosis en diferentes cruzamientos. Por consiguiente, la heterosis sería máxima en una F1, ya que en ésta la heterocigosis es también máxima. Varios autores han validado este modelo (Mc Gloughlin, 1980; Gregory y Cundiff, 1980).

Por otra parte, Sheridan (1981) discutió varios experimentos en los cuales el modelo de dominancia parecería como insatisfactorio. La epistasia podría ser la responsable de esto. Dickerson (1969) definió el concepto de pérdidas por recombinación, el cual mide las desviaciones de la heterosis con respecto a la he-

terocigosis. Una extensión de este concepto es dada por Kinghorn (1980).

Barlow (1981) realizó una revisión sobre la posible importancia de la interacción entre la heterosis y el medio ambiente.

DIFERENCIAS ADITIVAS ENTRE RAZAS

El comportamiento promedio de los animales producto de cruzamientos entre razas depende además de las diferencias genéticas entre las razas. Estas pueden ser debidas a diferencias en los efectos medios aditivos directos de las razas, y en los efectos medios aditivos maternos y paternales. Para la estimación de estos efectos es necesario contar con machos y hembras de las diferentes razas y cruza, lo que determina la necesidad de tener un número elevado de animales y de hembras de las razas "exóticas". Por eso, muchos de los resultados de investigación comparan un número bajo de razas (Koch et al., 1989).

El uso de cruzamientos (top cross) de machos de diferentes razas sobre vacas nativas es una herramienta útil para evaluar un número alto de razas. Estudios realizados en el Centro de Investigación Roman L.

Hruska (Nebraska, EEUU), han indicado que la variación genética existente entre y dentro de razas es importante para diferentes características de importancia económica (Koch et al.; 1989).

Cartwright (1974) define el término complementariedad, como el resultado de la manera en que dos o más características se combinan o complementan, medida en la unidad de producción. Esta es explotada, por ejemplo, en sistemas de cruzamiento que usen razas paternas terminales con vacas de tamaño pequeño o medio con buena habilidad maternal y bajos requerimientos de mantenimiento.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Barlow, R. (1981). Experimental evidence for interaction between heterosis and environment. *Animal Breeding Abstracts* 49, 715-737.
- Cartwright, T.C. (1974). Net effects of genetic variability on beef production systems. *Genetics* 78, 541-561.
- Dickerson, G.E. (1969). Experimental approaches in utilizing breed resources.

Animal Breeding Abstracts 77, 191-210.

- Falconer, D.S. (1981). *Introduction to quantitative genetics. Second Edition.* Longmans, New York. 335 pp.
- Gregory, K.E.; Cundiff, L.V. (1980). Crossbreeding in beef cattle: evaluation of systems. *Journal of Animal Science* 40, 421-432.
- Kinghorn, B.P. (1980). The expression of "recombination loss" in quantitative traits. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 97, 138-143.
- Koch, R.; Cundiff, L.V.; Gregory, K. (1989). Beef cattle breed utilization. *Revista Brasileira de Genética* 12, 55-80.
- Mc Gloughlin, P. (1980). The relationship between heterozygosity and heterosis in reproductive traits in mice. *Animal Production* 30, 69-77.
- Sheridan, A.R. (1981). Crossbreeding and heterosis. *Animal Breeding Abstracts* 41, 131-144.
- Shull, G.H. (1948). What is heterosis? *Genetics* 33, 439-446.

EXPERIMENTOS CON CRUZAMIENTOS EN EL URUGUAY

Juan C. Scarsi *

INTRODUCCION

Se presenta un sumario de los resultados de experimentos de cruzamientos entre razas de bovinos, conducidos por el Centro de Investigaciones Agrícolas y la Facultad de Agronomía, en "La Estanzuela" y en la Estación Experimental de Salto, respectivamente, y con la participación de establecimientos colaboradores durante la década de los años sesenta y principios del setenta.

Los experimentos se realizaron con el objetivo de evaluar, bajo condiciones de pastoreo, las características de mayor importancia económica, relacionadas con la eficiencia reproductiva, crecimiento pre y post destete, peso y edad a la faena, y características de las reses de animales puros de razas británicas y cruza de éstas con razas europeas continentales, incluyendo también la raza Holando.

RESULTADOS

Dificultades al parto y sobrevivencia perinatal

El número de orden y/o edad de las madres al parto, el peso de los terneros al nacer y el ancho de encuentro de los terneros, han demostrado afectar la frecuencia de distocias y la sobrevivencia de los terneros durante las primeras 36 horas de vida.

En "La Estanzuela" (Scarsi et al., 1978), en vacas Hereford de primer parto servidas a los 2 años de edad, se registraron 10% de distocias cuando fueron servidas con toros Hereford y 30% cuando fueron servidas por toros Limousin. La incidencia de distocias fue de 17% en vacas Shorthorn servidas por toros Limousin. No se registraron dificultades en los apareamientos de vacas Shorthorn y Aberdeen Angus con toros de sus respectivas razas, ni en vacas Aberdeen Angus expuestas a toros Limousin.

En 1972 (Camera et al., 1973) se llevó a cabo en Salto un estudio de 321 partos correspondientes a 169 vaquillonas Hereford y 152 Holando cubiertas por toros Hereford, Holando, Charolais, Fleckvieh y Pardo Suizo; en promedio se obtuvo un 19% de partos distócicos.

El efecto de la raza del toro (Charolais vs Fleckvieh) fue mayor que el efecto de la raza de la vaca (Hereford vs Holando) para el cual no se encontraron diferencias (Madalena, 1973). La distocia estuvo positivamente correlacionada con el peso al nacer y con una medida de ancho de encuentro de los terneros, y negativamente correlacionada con el peso de las vacas al parto y con la dimensión pélvica de las madres.

Los terneros producto de partos distócicos tuvieron menor sobrevivencia en las primeras 36 horas de vida. En un trabajo de "La Estanzue-

la" (Scarsi et al., 1973), se informó que los terneros hijos de vacas cruza Hereford x Limousin tenían una mayor sobrevivencia (100%) que los hijos de vacas Hereford (95 a 98%). Cuando se usaron toros Charolais sobre ambos grupos de vacas la sobrevivencia bajó a 89% y 88% respectivamente.

Peso al nacer

Al nacer, los terneros cruza de "La Estanzuela" (Scarsi et al., 1969, 1973) fueron un 11% ($P < 0.01$) más pesados que los puros. Diferencias similares se encontraron en el experimento conducido en Salto, y en estancias cooperadoras. El peso al nacer varió entre las razas de vacas estudiadas, incluyendo vacas cruza. Estas dieron terneros 11% más pesados que las vacas puras (36 vs 33 kg). Cuando se usaron toros de una tercera raza sobre las vacas cruza, los terneros nacidos fueron también casi un 11% más pesados que los retrocruzados.

Peso al destete

El análisis de los pesos al destete de los terneros criados en "La Estanzuela" (Scarsi et al., 1973) mostró que la principal fuente de variación fue la raza de la madre, siguiendo por orden de importancia, año de nacimiento, edad de la madre al parto, sexo del ternero y raza del padre. Sobre 856 terneros, el peso al destete

(210 días) fue 192 kg para los hijos de vacas cruzas Hereford x Limousin, y 171 kg para los de vacas Hereford. El comportamiento por raza de padre fue el siguiente: Hereford 171 kg, Limousin 177 kg, Charolais 189 kg, Holando 189 kg.

Observaciones obtenidas durante dos años en tres establecimientos cooperadores (Scarsi y Méndez, 1974), indicaron que la raza del padre afectó significativamente ($P < 0.01$) el peso al destete. La superioridad de los terneros hijos de toros Charolais fue de 27 kg sobre los hijos de toros Hereford. Se registraron evidencias de efectos de la raza de la madre sobre el peso al destete, siendo los terneros hijos de vacas Holando x Hereford entre 26 kg y 37 kg más pesados que los hijos de vacas Hereford,

Performance post-destete

Madalena (1973) informó que los pesos de terneros hijos de vacas Hereford y de toros Charolais, Marchigiana y Chiana fueron superiores en un 11% al destete, y en 16% a los 15 meses de edad con respecto a los controles. Las pérdidas de peso de las cruzas durante el invierno (junio 1 - setiembre 5) fueron Charolais 2%, Chiana 4%, 7% para Marchigiana y también 7% para los Hereford puros.

Scarsi et al. (1973) encontraron que la raza de la madre era más importante que la raza del padre como fuente de variación del peso hasta el año de edad. En cambio, el efecto de la raza del padre es una fuente de variación más importante en los aumentos diarios entre el destete y un año de edad, en los pesos a los 15 y 18 meses de edad, y en la edad de faena a peso constante.

Scarsi et al. (1969, 1971) indicaron que la utilización de toros de la

raza Limousin redujo en 48, 118 y 84 días, la edad de faena en cruzas Hereford, Shorthorn y Aberdeen Angus, respectivamente. El porcentaje de carne magra aumento un 5%, y la superficie promedio de las costillas N° 10 y 11 aumentó 10 cm² en las cruzas Hereford, 15 cm² en las cruzas Shorthorn y 12 cm² en las cruzas Aberdeen Angus.

Vaz Martins et al. (1973) presentaron datos sobre resultados de faenas de 187 novillos sacrificados con 488 kg de peso a los 25 meses de edad, en promedio. El aumento diario de peso entre el nacimiento y el sacrificio fue 551, 570, 612 y 636 gramos/día para novillos Hereford y cruzas Limousin, Charolais y Holando, respectivamente. Los porcentajes de músculo de los novillos cruzas fueron de 4 a 11% más altos que en los puros, mientras que los porcentajes de grasa disminuyeron de 5 a 11%.

Performance reproductiva

Se presentan datos sobre el comportamiento sexual y productivo de terneros puros y cruzas a la pubertad, y se discute la conveniencia de incluir el uso de las vaquillonas cruce en los sistemas de cruzamiento (Pittaluga et al., 1973; Méndez, 1991).

CONCLUSIONES

1. El uso de toros de razas europeas continentales, incluyendo el Holando, sobre vientres de razas británicas incrementó significativamente el crecimiento de las respectivas progenies.
2. Los aumentos de crecimiento logrados permitieron alcanzar los pesos de faena a una menor edad, y obtener canales con

mayor porcentaje de carne magra y menos grasa.

3. El uso de hembras cruzas permite mejorar la eficiencia reproductiva del rodeo, y estas producen animales más pesados al destete que los vientres puros, cualidad altamente deseable en sistemas de cría destinados a la venta de terneros mamones.
4. El efecto de la raza del padre se hace presente desde el peso al nacer, y se acentúa en los aumentos diarios a partir del destete.
5. Las dificultades con los partos de vacas primerizas no hacen aconsejable la utilización de esta categoría en un sistema de cruzamientos.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Cámara, L.; Acosta, A.; Rodríguez, J.B.; Madalena, F.E. (1973). Partos distócicos en vaquillonas Hereford y Holando servidas por toros de cinco razas. Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni", Paysandú, Mimeo.
- Madalena, F.E. (1973). Crecimiento comparativo de terneros Hereford y cruzas Marchigiana, Chiana y Charolais x Hereford. Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni", Paysandú, Mimeo.
- Méndez, J. (1991). Estimación de producción de leche en vacas Hereford, Limousin y cruzas Hereford x Limousin, Hereford x Charolais y Hereford x Holando. Comunicación personal.

- Pittaluga, O.; Valledor, F.; Scarsi, J.C. (1973). Aparición de pubertad en terneros provenientes de cruza- mientos en toros Hereford, Limousin, Charolais y Holando sobre vacas Hereford, y de toros Hereford y Limousin sobre vacas Hereford x Limousin. Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger", "La Estanzuela". Mimeo.
- Scarsi, J.C.; Geymonat, D.; Granro, T.; De Alba, J. (1969). Cruces entre razas británicas y Limousin para producción de carne. Memorias de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal, 70- 91.
- Scarsi, J.C.; De Alba, J.; Vaz Martins, D. (1971). Cruces entre razas británicas y Limousin para producción de carne: evaluación de canales y calidad de carne. Memorias de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal, 183 (Abstract).
- Scarsi, J.C.; De Alba, J.; Vaz Martins, D.; Geymonat, D. (1971). Distocia y longitud de gestación de cruces de toros Limousin sobre vacas de razas británicas. Memorias de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal 6, 53-63.
- Scarsi, J.C.; Pittaluga, O.; Valledor, F.; Vaz Martins, D. (1973). Efecto del cruzamiento de toros Limousin, Charolais y Holando sobre vacas Hereford. I. Comportamiento reproductivo. Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger", "La Estanzuela". Mimeo.
- Scarsi, J.C.; Méndez J.; Pittaluga, O. (1973). Efecto del Cruzamiento de toros Limousin, Charolais y Holando sobre vacas Hereford. II. Crecimiento predestete. Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger", "La Estanzuela" Mimeo.
- Scarsi, J.C.; Méndez J.; Vaz Martins, D. (1973). Efecto del Cruzamiento de toros Limousin, Charolais y Holando sobre vacas Hereford. III. Comportamiento postdestete. Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger", "La Estanzuela". Mimeo.
- Scarsi, J.C.; Méndez J. (1974). Cruzamientos con Charolais bajo condiciones comerciales. "La Propaganda Rural" 1248, 18-26.
- Vaz Martins, D.; Rozza, S.; Scarsi, J.C. (1973). Efecto del cruzamiento de toros Limousin, Charolais y Holando sobre vacas Hereford. IV. Calidad y composición de la res. Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger", "La Estanzuela". Mimeo.

ESTADO ACTUAL Y UTILIZACION DE LOS CRUZAMIENTOS EN EL URUGUAY

Oscar Pittaluga *

INTRODUCCION

La utilización de cruzamientos en ganado de carne en el Uruguay no ha sido muy difundida. En términos generales se puede decir que, salvo en casos excepcionales, la principal razón de utilizarlos fue el aumentar los pesos de los animales producidos.

PRIMERAS EXPERIENCIAS

Los trabajos de cruzamientos llevados a cabo a partir de la década del 60, en "La Estanzuela", mostraron los efectos de utilizar algunas razas europeas continentales y también lecheras, tanto en crecimiento como en características reproductivas y de habilidad materna. Parte de esa información fue utilizada en la formulación de un programa de cruzamiento terminal con participación de las razas Hereford, Holando y Limousin, que fue evaluado en la Unidad Experimental de Glencoe, en el área basáltica. A pesar de los resultados obtenidos, estos esque-

mas de cruzamiento no se han generalizado.

LA INTRODUCCION DEL CEBU EN EL NORTE DEL PAIS

A partir de la década del 70 se comenzó a evaluar la incorporación de razas indicas a los esquemas de cruzamiento en suelos arenosos del Norte del país. Con respecto a los resultados obtenidos previamente, la introducción del Cebú permitiría alcanzar un nivel más alto de heterosis inicial y una mayor adaptación al ambiente.

En las etapas iniciales de la evaluación se estudiaron principalmente características de crecimiento, y composición de las reses. Se observó que novillos F1 Brahman x Hereford, utilizando la misma base forrajera que los Hereford puros, aventajaron a ésta en 100 kg de peso vivo a los 3 años y medio de edad, y lograron un mayor rendimiento de carcasa. Se continuaron las evaluaciones estudiando el comportamiento reproductivo y la habilidad materna,

obteniéndose diferencias poco marcadas en el primer caso, pero muy importantes en el segundo. Estas primeras evaluaciones se hicieron con animales F1, producto de la utilización de toros Cebú puros.

Dado que en la zona se difundieron los cruzamientos en gran parte en base a la utilización de toros 3/4 y 7/8 Cebú, producto de un programa de absorción, se estudio posteriormente un programa de cruzamientos alternados, usando este tipo de toros.

Los resultados obtenidos se analizan considerando la posibilidad de utilizar grupos raciales que permitan una adaptación a las curvas de producción de forraje tanto en el proceso de cría como en el de crecimiento y engorde.

La utilización de las diferencias biológicas que presentan los grupos raciales que integran el cruzamiento alternado, y un mayor ajuste del manejo que requieren las distintas categorías que integran el proceso de producción, permitirían un uso más eficiente de los recursos forrajeros, con el correspondiente aumento de la productividad.

PRINCIPIOS Y ESTRATEGIAS DEL MEJORAMIENTO GENETICO EN OVINOS

Gonzalo González *

OBJETIVOS Y CRITERIOS DE SELECCION

El éxito de un programa de mejoramiento genético depende de la definición de objetivos y criterios de selección, temas extensamente tratados por Ponzoni (1982). Esto, que en esencia es definir el genotipo agregado y un índice de selección para cumplir con el (Hazel, 1943), implica el uso de una tecnología en la actualidad bastante acabada pero que ha tenido que superar un proceso de desarrollo. Smith et al. (1986) resolvieron el problema de la adjudicación de los pesos relativos a asignar a cada característica participante en el objetivo de selección. Estos autores concluyeron que si todos los costos son considerados como variables (incluyendo las ganancias de la empresa), y si se excluye la posibilidad de un redimensionamiento de la empresa (que podría alterar las ganancias económicas por causas no genéticas), entonces las ponderaciones son independientes de quien las considera (productor, inversor o industrial), siempre que el método de cálculo esté basado en las ecuaciones de ganancia. Por otra parte, los coeficientes obtenidos a través de estas ecuaciones son equivalentes a los calculados por la relación de eficiencia económica. No obstante estas contribuciones, aún quedan por resolver problemas.

Ponzoni (1982), Atkins (1987) y Piper (1990) se refieren al vacío aún existente en la estimación de varianzas y covarianzas involucrando el consumo en pastoreo, y sobre los cambios de éste asociados con el cambio genético de las características incluídas en el objetivo de selección. El cambio en consumo se asociaría a modificaciones en el crecimiento, tamaño y eficiencia reproductiva de los animales, pero no a cambios en la producción de lana. Según Ponzoni (1982) este supuesto puede tener puntos débiles, aún cuando los estudios mostraron correlaciones cercanas a 1 entre objetivos de selección calculados con y sin el consumo incluído.

Los índices de selección han sido moderadamente sensibles a cambios en los parámetros genéticos (Ponzoni, 1982; Cardellino y Ponzoni, 1985). Al mismo tiempo, existen parámetros aún no bien conocidos, especialmente las correlaciones genéticas; por ejemplo, entre el peso de vellón limpio y la tasa reproductiva (Ponzoni, 1982). Esto lleva a pensar sobre las posibles contribuciones que puede hacer la metodología REML (máxima verosimilitud restringida) combinada con el modelo animal. La imperfecta correlación genética entre caracteres que se manifiestan más de una vez en la vida del animal (Atkins, 1987, 1990) sugiere la necesidad de considerar estas distintas manifestaciones cro-

nológicas como distintas características en los objetivos de selección. Con respecto a objetivos de selección en Uruguay es de destacar el aporte hecho por Cardellino y Ponzoni (1985).

METODOS DE EVALUACION

Según Ponzoni (1982), una vez definidos los objetivos y criterios de selección es necesario contar con un adecuado sistema de toma de registros, para con ellos poder evaluar los animales. Las estrategias de evaluación deberán considerar a la lana, al crecimiento y a la eficiencia reproductiva, como contribuyentes a los ingresos del sistema (Ponzoni, 1982; Atkins, 1987). Si la selección de borregos se efectúa en base al peso del vellón sucio (PVS) y al diámetro (D), el mérito económico es mayor (19%) que si sólo se considera el peso del vellón sucio. Si se usa el peso de vellón limpio (PVL) y el diámetro, el mérito mejora un 12% más (Atkins, 1987). Esto coincide con los índice propuestos por Cardellino y Ponzoni (1985) para Uruguay.

Pensando en la importancia de la lana para Uruguay, en un futuro se deberá tener un mayor número de planteles en los cuales se mida el rendimiento (R) y el diámetro. Dado que la apreciación visual es menos

eficiente en la selección (Lewer y MacLeod, 1990), la manera de abatar las estimaciones de PVL, R y D puede ser la selección en estadios sucesivos propuesta por Atkins (1987), la cual está teniendo buena aceptación en Australia (Casey, 1990). Sólo una pérdida del 3% en respuesta económica predicha sería esperable en caso de testarse sólo el 20% de los carneros seleccionados por PVS, o el 10% de los seleccionados por PVS y D.

El segundo estadio consideraría PVL y D en hembras, y dado el bajo diferencial de selección, lo adecuado sería seleccionar borregas por PVS (Atkins, 1987; Turner y Young, 1969). La estructura óptima definida por Jackson y Turner (1972), incluyendo dos categorías de edad de carneros, puede ser modificada (de 50 y 50% a 68, 16 y 16%), manteniendo el mismo intervalo generacional. Esto permitiría una segunda evaluación de los carneros en PVL y D produciendo beneficios económicos del 11, 16 y 24% según los carneros hubieran sido evaluados como borregos en base a PVL y D, o PVS y D, o PVS, respectivamente (Atkins, 1987). Esto, a su vez, podría ser una forma de ir enfrentando dos problemas: la correlación genética diferente entre peso de vellón a distintas edades (Atkins, 1990) y la correlación entre el fenotipo y genotipo para la producción de lana cuando las mediciones se hacen en condiciones subóptimas con períodos de crecimiento de lana inferiores a un año (Atkins, 1987). Este autor sugiere que la inclusión de características de crecimiento en el Merino y razas derivadas en cierta medida será compensada por menores ganancias en lana. No obstante, como en el caso de la selección por eficiencia reproductiva, esto puede ser rentable desde el

punto de vista del sistema de producción. Ambas características están importantemente asociadas a cambios en el consumo de forraje y esto, que es difícil de estimar (Ponzoni, 1982; Atkins, 1987; Piper, 1990), impone ciertos compromisos.

En términos nacionales, las estrategias de mejoramiento deberían considerar distintas posibilidades según el nivel de control que se lleve en las majadas: registro más o menos temporal de los individuos, selección masal y uso de los carneros en forma colectiva. La selección fundamentalmente es intra-población con los criterios ya descritos. La variación entre rebaños se puede incorporar mediante el uso de majadas de referencia (Roberts et al., 1987). Este sería el caso para la mayoría de los rebaños puros por cruce.

APORTES DE NUEVA TECNOLOGÍA

El desarrollo de la inseminación artificial con semen congelado y el de la metodología BLUP, o mejor predicción lineal insesgada (Henderson, 1973), han hecho posible pensar en sistemas de carneros de referencia a los efectos de sumar presión de selección dentro de y entre rebaños (Lewer, 1987). Dependiendo de si existe o no información sobre las hembras, será necesario exigir apareamientos al azar o no. En todos los casos se deberán evitar otras posibles fuentes de sesgo a través de un manejo uniforme de los grupos de progenie, y no admitiendo refugos previos al registro de comportamiento (Ponzoni, 1990).

Contando con buenos registros de comportamiento y genealogías, cosa aún distante, en el grueso de los rebaños productores de carneros en el Uruguay se pueden esperar: 1) una

mejora en la eficiencia de selección dentro de rebaños, aunque con resultados marginales sobre un sistema objetivo basado en el comportamiento (Atkins, 1987). 2) Incorporar la variación entre rebaños, si existen sistemas nacionales de carneros de referencia. 3) Una estimación de parámetros genéticos más precisa e insesgada (REML), incluyendo la matriz de varianzas y covarianzas entre la lana, el crecimiento y la eficiencia reproductiva, y las correlaciones genéticas diferentes a la unidad para series cronológicas sobre el mismo animal. 4) Estimación del cambio genético, fundamental en cualquier plan de mejoramiento (James, 1987).

OTROS APORTES

En el futuro, nuevos aportes podrán venir de un mejor conocimiento de las posibles interacciones genético-ambientales, orientando mejor los procesos de selección y usando los mejores genotipos (razas, líneas, cruza, padres, etc.) en los ambientes donde tienen más potencial (Woolaston, 1987). Los aspectos metodológicos también saldrán mejorados en este proceso. Los estudios sobre heterosis prometen buenos dividendos (Kingham y Atkins, 1987; Purvis, 1990), especialmente en el Uruguay donde un porcentaje grande del rebaño nacional se define como cruce, y donde existe un importante proceso de merinización.

El mejor conocimiento del Complejo Mayor de Histocompatibilidad, y la evidencia de resistencia genética a parásitos (Gray et al., 1987; Outteridge et al., 1987; Piper, 1987; Windon et al., 1987) y a enfermedades como el Pietín (Skerman, 1985; Outteridge et al., 1987) hacen

pensar en nuevas o modificadas estrategias de selección. La incorporación de características de resistencia a los índices de selección no será tarea fácil (Atkins, 1987). Los avances en ingeniería genética, en análisis con RFLP (restriction fragment length polymorphisms), en mapeo del genoma, obligan a ser optimistas, aunque el éxito dependerá de encontrar genes que afecten en forma importante la tasa de producción de determinados procesos. Esto no es fácil, y la propagación de un descubrimiento de tal naturaleza a la producción puede medirse en 35 o 40 años (Franklin, 1987).

CONCLUSIONES

El mejoramiento genético tiene posibilidades de hacer grandes aportes a la producción ovina del Uruguay. Las mayores ganancias deberían esperarse de definir objetivos comunes a cabañeros y criadores generales, y de la adopción de criterios de selección cuantificables, basados en medidas objetivas del comportamiento. Ya existen tecnologías capaces de maximizar los beneficios, siempre que se cuente con adecuados sistemas de captura de información, y registros de genealogía. Aún cuando se llegue a esto, todavía estará lejos el horizonte tecnológico. La mayoría de estos cambios insumirán trabajo y tecnologías disponibles a nivel nacional.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Atkins, K.D. (1987). Potential responses to selection in Merino sheep given current industry structure and selection practice. En: Merino Improvement Programs in Australia. Proceedings of a National Symposium pp. 299-312. Leura NSW, Australia.
- Atkins, K.D. (1990). Incorporating parameters for lifetime productivity into breeding objectives for sheep. Proceedings of the 4th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production XIII, 17-26. Edinburgh.
- Cardellino, R.C.; Ponzoni, R.W. (1985). Definición de los objetivos de mejoramiento genético e índices de selección. II Seminario Técnico de Producción Ovina. Secretariado Uruguayo de la Lana. pp 22-88. Salto, Uruguay.
- Casey, A.E. (1990). The ability of N.S.W. Merino ram breeders to utilize an efficient two-stage sire selection strategy. Wool Technology and Sheep Breeding 2, 61-64.
- Franklin, I. (1990). Gene transfer for the Australian sheep industry. En: Merino Improvement Programs in Australia. Proceedings of a National Symposium pp. 495-509. Leura NSW, Australia.
- Gray, G.D.; Presson, B.L.; Albers, G.A.A.; LeJambre, L.F.; Piper, L.R.; Barker, J.S. (1987). Comparison of within and between-breed variation in resistance to haemonchosis in sheep. En: Merino Improvement Programs in Australia. Proceedings of a National Symposium pp. 365-369. Leura NSW, Australia.
- Hazel, L.N. (1943). The genetic basis for constructing selection indexes. Genetics 28, 476-490.
- Henderson, C.R. (1973). Sire evaluation and genetic trends. Proc. Symp. in Honor of Dr. J.L. Lush, American Society of Animal Science and American Dairy Science Association, 10-41. Champaign, Illinois, U.S.A.
- Jackson, N.; Turner, H.H. (1972). Optimal structure for a cooperative Nucleus Breeding System. Proc. Aust. Soc. Anim. Prod. 9, 55-67.
- James, J.W. (1987). Methods of estimating genetic change. En: Merino Improvement Programs in Australia. Proceedings of a National Symposium pp. 147-156. Leura NSW, Australia.
- Kinghorn, B.P.; Atkins, K.D. (1987). Heterosis in crosses between Merino strains and bloodlines and its exploitation. En: Merino Improvement Programs in Australia. Proceedings of a National Symposium pp. 389-407. Leura NSW, Australia.
- Lewer, R.P. (1987). Progress in establishing an Australian Merino sire referencing scheme. In: Merino Improvement Programs in Australia. Proceedings

- of a National Symposium pp. 413-420. Leura NSW, Australia.
- Lewer, R.P.; MacLeod, I.M. (1990). One and two-stage selection indexes for Australian Merino Sheep, incorporating visual selection criteria. Proceedings of the 4th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production XIII, 17-26. Edinburgh.
- Outteridge, P.M.; Windon, R.G.; Dineen, J.K.; Stewart, D.J.; Skerman, T.M. (1987). Breeding for parasite and footrot resistance in sheep using ovine lymphocyte antigen (OLA) markers. En: Merino Improvement Programs in Australia. Proceedings of a National Symposium pp. 377-379. Leura NSW, Australia.
- Piper, R.L. (1987). Genetic variation in resistance to internal parasites. En: Merino Improvement Programs in Australia. Proceedings of a National Symposium pp. 351-363. Leura NSW, Australia.
- Piper, L.R. (1990). Sheep breeding: progress and prospects. Proceedings of the 4th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. XIII, 3-6. Edinburgh.
- Ponzoni, R.W. (1982). Breeding objectives in sheep improvement programs. Proceedings of the Second World Congress on Genetics Applied to Livestock Production V, 619-634. Madrid.
- Ponzoni, R.W. (1990). Woolplan Sire Summaries. Wool Technology and Sheep Breeding 2, 56-59.
- Purvis, I. (1990). Heterosis between strains of Australian stud Merino sheep. Proceedings of the 4th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production XIII, 220-223. Edinburgh.
- Roberts, E.M.; McCully, R.; Morrison, A.; Butt, J.; Coy, J.; Lane, G. (1987). Exploiting between flock variation in Merinos by the use of the National Merino Reference Flock. En: Merino Improvement Programs in Australia. Proceedings of a National Symposium pp. 383-387. Leura NSW, Australia.
- Skerman, T.M. (1985). Genetic variation and inheritance of susceptibility to footrot in sheep. En: Footrot in ruminants. Proceedings of a Workshop. CSIRO. Melbourne.
- Smith, C.; James, J.W.; Brascamp, C.W. (1986). On the derivation of economic weights in livestock improvement. Animal Production 43, 545-551.
- Turner, H.N.; Young, S.S.Y. (1969). Quantitative Genetics in Sheep Breeding. Macmillan, Melbourne.
- Windon, R.G.; Dineen, J.K.; Wagland, B.M. (1987). Genetic control of immunological responsiveness against the intestinal trematode *Trichostrongylus colubriformis* in lambs. En: Merino Improvement Programs in Australia. Proceedings of a National Symposium pp. 371-375. Leura NSW, Australia.
- Woolaston, R.R. (1987). Genotype x environment interactions and their possible impact on breeding programs. En: Merino Improvement Programs in Australia. Proceedings of a National Symposium pp. 421-435. Leura NSW, Australia.

CONTRIBUCION DE LA TECNOLOGIA REPRODUCTIVA AL MEJORAMIENTO GENETICO DE LA ESPECIE OVINA.

Mario Azzarini *

INTRODUCCION

La multiplicación de los animales superiores de una población constituye uno de los pilares del progreso genético. La velocidad con que este se logre depende entre otros factores de la tasa reproductiva de los animales. Un incremento de esta puede aumentar la respuesta a la selección por unidad de tiempo, modificando algunos de sus componentes tales como la intensidad de selección, y el intervalo generacional.

Las técnicas relacionadas con el control de la reproducción en los ovinos han evidenciado avances importantes en los últimos años. Estas pueden emplearse para modificar sistemas de producción, principalmente por su contribución a la realización de cambios en el manejo de los animales. De igual modo son potencialmente importantes, por el impacto que pueden tener en la velocidad de los cambios genéticos cuando se aplican a programas de mejoramiento.

ALGUNAS TECNOLOGIAS REPRODUCTIVAS

Las principales técnicas son la inseminación artificial (I.A.), la

criopreservación de gametas, la multiovulación y transferencia embrionaria, la fertilización in vitro, la división y sexaje de embriones, el "sexaje" de espermatozoides, la clonación, el uso de marcadores genéticos y la producción de animales transgénicos.

Como técnicas auxiliares, se encuentran la sincronización de ciclos estruales, y también la inducción de la pubertad y la reproducción a contra-estación como formas de acelerar la frecuencia reproductiva.

Algunas de estas técnicas son bien conocidas (I.A. cervical; sincronización) y, por ser relativamente sencillas, han tenido mayor difusión. En cambio, otras requieren un mayor grado de perfeccionamiento a efectos de que una alta proporción del progreso esperado teóricamente, pueda realmente lograrse en la práctica.

Un aspecto importante a considerar es que la característica que se pretende mejorar genéticamente, es a su vez, alterada por la propia técnica. Tal puede ser el caso de la tasa ovulatoria o del largo de la estación de cría.

Multiovulación y transferencia

En general, las predicciones teóricas de cambios alcanzables me-

dante multiovulación y transferencia han sido excesivamente optimistas. Los factores que conspiran contra el logro de las estimaciones teóricas son, entre otros, la gran variación individual en la respuesta multiovulatoria y la menor calidad de los embriones provenientes de hembras jóvenes.

No obstante, la endoscopía ha sido importante en el desarrollo de técnicas que permitan utilizar más veces en su vida a las hembras superiores. Recientemente se han logrado progresos en la recuperación de embriones por vía cervical, lo que constituiría una ventaja importante.

Inseminación artificial

El empleo de la inseminación artificial en ovinos se ha visto limitado por la falta de técnicas de criopreservación que permitan obtener buenos índices de fertilidad con bajo número de espermatozoides. En la presente década se han logrado avances en la eficiencia del uso del semen congelado mediante la inseminación intrauterina por laparoscopia. Sin embargo, una técnica de criopreservación que permitiera utilizar bajo número de espermatozoides por vía cervical sería de gran ayuda para reducir los costos de la inseminación.

Estimaciones teóricas indican que un esquema de carneros de referencia permitiría aumentar el progreso genético anual para caracteres de heredabilidad media como el peso de vellón entre 4 y 25%, mientras que para caracteres de baja heredabilidad, tales como el número de corderos nacidos, el progreso sería 20 a 40% mayor.

Manipulación de embriones

La manipulación de embriones es un área que seguramente evidenciará progresos importantes en los próximos años. En la actualidad, es posible dividir y congelar embriones ovinos, lo cual permite aumentar la eficiencia del proceso de multiovulación y transferencia. No obstante su empleo comercial no está difundido.

La clonación o reproducción a partir de blastómeros tampoco ha tenido difusión aunque es práctica-

mente posible de realizar (hasta 5 animales idénticos se han logrado a partir de un embrión con 8 células). La producción de individuos idénticos puede mejorarse por trasplante nuclear. Se pueden enuclear ovocitos y transplantarles blastómeros de embriones más viejos (de hasta 32 células). Esta técnica tampoco está comercialmente disponible.

Los métodos de clonación pueden ser útiles para mejorar la exactitud en la identificación de animales superiores. La fertilización in vitro es otra técnica que potencialmente puede permitir obtener un gran número de embriones para distintos fines.

Sexaje de semen y de embriones

Estas técnicas probablemente no tengan demasiado efecto sobre la velocidad de cambios genéticos, pero pueden tener influencia en los cambios de eficiencia de los siste-

mas de producción. Se ha cuestionado la aplicación comercial del sexaje de embriones puesto, que si la demanda se inclina hacia uno u otro sexo habrá que buscar formas de incrementar la eficiencia ovulatoria o de recolección. De más aplicación práctica podría resultar la separación de espermatozoides según lleven el cromosoma X o el Y.

CONCLUSIONES

Otras técnicas tales como la producción de animales transgénicos, el mapeo de genes y el uso de marcadores genéticos es probable que requieran años antes que se apliquen comercialmente en los ovinos. A pesar de los adelantos mencionados, es probable que aún hoy en día, a más de 200 años de los trabajos de Spallanzani, la inseminación artificial continúe siendo la técnica que mayor contribución inmediata pueda hacer al mejoramiento genético de la especie ovina.

LOS PROGRAMAS DE MEJORAMIENTO GENETICO OVINO EN EL URUGUAY

Roberto C. Cardellino *

INTRODUCCION

Un programa eficiente de mejoramiento genético para una raza a nivel nacional debería conducir a que cada año el nivel genético de los carneros que se utilizan en las majadas generales fuera mejor.

En Uruguay hay aproximadamente 1.015 planteles (de pedigree y puros por cruza) los cuales representan un 4% del número total de ovejas de cría en el país, y producen la mayoría de los carneros que se necesitan para reemplazo en las 30.000 majadas comerciales.

Como en toda estructura jerárquica de cría, el progreso genético de toda la majada nacional dependerá del progreso genético que se obtenga en las cabañas padres. Por lo tanto, es esencial que los objetivos a nivel de planteles sean coincidentes con aquellos de las majadas generales.

ANTECEDENTES

En respuesta a un largo período de cruzamientos alternativos en el Uruguay, en 1935 se creó la Comisión Honoraria de Mejoramiento Ovino con el objetivo de orientar la producción ovina del país, comenzando un proceso de absorción hacia razas puras como el Merino y Romney, o razas cruza como el Corriedale e Ideal. Se estableció un sistema de identificación de animales supe-

riores (tatuajes simple y doble) basado en la inspección visual de los animales, diferenciándose entonces tres tipos diferentes de planteles: los de pedigree, los puros por cruza doble tatuaje y los puros por cruza de tatuaje simple, originándose una clara dependencia entre los mismos, con los planteles de pedigree al tope de la estructura.

Este sistema, que todavía está operando, fue exitoso para orientar a los productores y para elevar el nivel de producción probablemente como consecuencia de una variación genética grande en las características fácilmente evaluables por apreciación visual, y por la eliminación de defectos obvios.

Los métodos utilizados fueron adecuados para asegurar mejoramientos muy efectivos en las características productivas en los primeros 20-30 años de operación de este sistema.

EL SERVICIO DE FLOCK-TESTING

Descripción

En 1969 comenzó un sistema de registros de performance "dentro" de cabañas (Flock-Testing) con el propósito de introducir métodos de mejoramiento más efectivos a través de la medición objetiva de características económicamente importantes.

El Servicio de Flock Testing se creó con el apoyo de la Asociación Rural del Uruguay y de la Comisión de Mejoramiento Ovino, siendo implementado por el Secretariado Uruguayo de la Lana (SUL). Los borregos machos tanto de pedigree como puros por cruza, sin defectos obvios y esquilados como corderos, son testados cuando tienen 12-15 meses de edad y en el momento de la esquila (Setiembre-Octubre) se registra el peso de vellón sucio, el peso corporal y la apreciación visual de la finura, carácter, toque y color de la lana. Es opcional registrar el tipo de nacimiento (único o mellizo, progeñie de borrega o de oveja adulta) y también la identificación del padre. Una muestra de lana del costillar se extrae en ese momento y se envía al laboratorio del SUL donde se determina el rendimiento al lavado, largo de mecha y diámetro promedio de fibras. Los datos son procesados en computadora y devueltos al productor en Noviembre-Diciembre cuando lleva a cabo la selección final de los carneros y decide cuáles serán usados en el plantel y cuáles serán vendidos. Estos tendrán en ese momento 3 a 4 meses de lana, y registros de producción disponibles para los compradores.

OBJETIVOS DE SELECCION

Después de algunos años de operación, se hizo evidente que se requería una definición más formal

de los objetivos de mejoramiento y del criterio de selección. Así se podría determinar más precisamente la importancia relativa de las características (evitando por lo tanto un énfasis innecesario en características no importantes), y también ofrecer a los criadores la posibilidad de combinar varios criterios de selección en un índice de selección.

Cardellino y Ponzoni (1985), identificaron las fuentes de costos e ingresos en majadas generales en el Uruguay, y determinaron que las características que debían ser incluidas en el objetivo de mejoramiento eran peso de vellón limpio, diámetro de fibra, número de corderos destetados, peso al destete y peso vivo adulto. Se calcularon los valores económicos relativos de las diferentes características, expresadas en términos de \$ obtenidos durante la vida útil del animal, considerando 2 composiciones de majada representadas por los símbolos CA y CB. CA es una majada de cría en la cual todo el exceso de la progenie se vende como corderos después del destete, mientras que CB es una majada que se compone de ovejas de cría y de capones (30%), y donde el exceso de la progenie se vende como corderos después del destete.

También se consideraron dos diferentes relaciones de precios lana/carne (precio por kg de lana sucia/precio por kg de cordero en pie: 4/1 para Corriedale y 6/1 para Merino e Ideal) y se calcularon diferentes índices de selección incluyendo varias opciones.

Desde 1985, índices de selección opcionales para cada raza han sido incluidos en los datos de Flock-Testing del SUL. Sin embargo, ha habido un acuerdo general en cuanto a la conveniencia de continuar presentando la información de cada una de las características individuales re-

gistradas. Aún si la selección no siempre se basa en los índices, la definición formal de objetivos de mejoramiento es muy útil a los efectos de clarificar la importancia económica relativa de las características.

Evaluación

Varios factores son importantes para evaluar la eficiencia de un servicio de registros de performance: a) el número de cabañas involucradas; b) su importancia relativa de acuerdo a la actual estructura de la cría ovina; c) el grado de continuidad; d) la proporción de animales que se registrarán con respecto al total disponible, y e) la interpretación y el uso que efectivamente se hace de los datos en la selección de los animales.

El número de cabañas que utilizaron el Servicio en 1990 fue 171, con 16.000 carneros testados, lo cual representa aproximadamente un 20% de los carneros necesarios para reemplazo en las majadas comerciales.

El número total de cabañas que realizan Flock-Testing representa un 18% del número total de plantales, pero la efectividad de un Servicio Nacional de Registros de Performance necesariamente requiere ser analizado en el contexto de cierta estructura de la cría ovina. La estrategia utilizada en la implementación y operación del Servicio de Flock-Testing ha puesto especial énfasis en la adopción por parte de las cabañas más importantes.

Los resultados muestran diferencias entre razas en el nivel de adopción, con valores muy altos para las cabañas padre Corriedale, que es la raza más importante en el país. Hay un margen para mejorar, principalmente en las razas de lana fina, donde el factor limitante es la prácti-

ca de vender carneros de lana entera.

El grado de continuidad ha sido alto, con una cifra promedio del 75% de las cabañas que continúan utilizando el Servicio una vez que comenzaron.

El número promedio de borregos testados por cabaña es de 190, 100 y 75 en las cabañas padres, secundarias y multiplicadoras respectivamente, existiendo una gran variación entre razas. Estas cifras representan una proporción promedio de 65% con respecto al número total de borregos disponibles en el momento de realizar el Flock-Testing. Comúnmente hay un refugio preliminar de animales antes del testaje basado en defectos obvios, aunque en otros casos se testan sólo un grupo de carneros seleccionados. Las consecuencias de esta selección previa dependen de los criterios utilizados, y de su correlación con las características productivas.

En la implementación y operación del Servicio de Flock-Testing un énfasis especial fue puesto inicialmente en presentarlo como un complemento del sistema tradicional y no como un sustituto. El presente rol del tatuaje significa el procedimiento de refugio preliminar que define la población sobre la cual se realizan los registros de performance.

Una participación activa de los criadores en el desarrollo del Servicio y una permanente cooperación entre técnicos y criadores han sido consideradas siempre como extremadamente importantes. La centralización de actividades en una sola organización ha contribuido al éxito de este esquema. SUL es responsable por el soporte técnico del esquema y también por las actividades de extensión relacionadas con el mismo.

Desarrollos futuros

La posibilidad de presentar valores de cría para cada característica, teniendo en cuenta información de otras características en el mismo individuo está actualmente en estudio. La información de animales emparentados actualmente está limitada a la tasa reproductiva de la madre (tipo de nacimiento del animal).

Otra área que requiere más atención es aquella relacionada con los métodos utilizados para corregir los datos por efectos ambientales. En

particular, la alternativa de utilizar factores de corrección standard o aquellos basados en los propios datos debería ser analizada con más detalle. La estimación de parámetros genéticos y fenotípicos para las principales razas en el Uruguay merece más atención, así como la posible inclusión de nuevos caracteres.

Otras actividades futuras en relación al Servicio de Flock-Testing incluyen planes para la estimación de las tasas de ganancias genéticas que están siendo obtenidas en las

cabañas más importantes que utilizan este Servicio.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Cardellino, R.C.; Ponzoni, R.W. (1985). Definición de los objetivos del mejoramiento genético e índices de selección en lanas. II Seminario Técnico de Producción Ovina. SUL, Salto, Uruguay. 169-183.

PERSPECTIVES FOR LIVESTOCK PRODUCTION IN THE CONTEXT OF THE MERCOSUR AND OF THE INTERNATIONAL SITUATION

Miguel Carriquiry*

INTRODUCTION

Livestock production (beef, sheep production and milk) is of fundamental importance in Uruguayan agriculture. These three commodities represent about two thirds of the gross agricultural product, and use more than 14 millions hectares, out of the 15 million utilized in livestock production as a whole; further, most of the farms in Uruguay are predominantly involved in livestock.

These commodities supply raw materials to industries (meat packing plants, tanning and leather enterprises, textiles, and dairy manufacture) representing a significant proportion of the gross industrial product and of employment by the manufacturing sector.

Also, agriculture is responsible for food production, and strongly contributes to exports in Uruguay. Beef, leather, wool and textiles, and dairy products account for little less than 50% of exports in the country.

EVOLUTION AND TRENDS

Beef production in Uruguay is based on specialized breeds. There is little interdependence with milk production, which is also carried out with special purpose breeds and farms.

Sheep production is oriented towards wool. This is reflected in the composition of the national flock, although dual purpose breeds, with good meat production, are employed as well.

Beef and sheep production proceed jointly in most farms, and depend on natural pasture (90% of the area used for livestock) from a nutritional view point.

The three commodities considered exhibited differential behavior during the last decade, which is reflected in changes in stock number and output. The number of beef animals and beef output decreased, and particularly so at the end of the decade, as a consequence of an extreme drought in 1988 and 1989. There were 10.7 million beef animals in 1980, and 8.1 million in 1990.

During the same period the number of sheep grew from 18.7 to 23.7 million, and wool production increased from 67.3 to 96.3 thousand tons. This led to an increase of the relative importance of sheep in livestock farms.

Milk production increased significantly. Delivery to processing plants was 470 million liters in 1980, and 701 million liters in 1990; this happened without a sizable variation in number of dairy cows (670 and 650 thousand head in 1980 and 1990,

respectively) or in the area devoted to dairying. This trend is due to marked technological changes in dairying stemming from better nutrition (improved pastures), health and genetics.

PRESENT SITUATION AND PERSPECTIVES

Because of a small internal market in Uruguay, the analysis should center on trends in the international markets, as most output would be channeled in this way. In recent years, exports have represented more than 90% of wool production, between 30 and 40% of the total weight slaughtered, and 40 to 50% of the milk delivered to processing plants.

Except for wool and, to a lesser extent, sheep meat, international markets are very distorted due to policies applied by developed countries that include: a) support mechanisms to domestic production; b) import controls, and c) subsidies to exports of surpluses.

The international markets for beef and for dairy products constitute excellent examples of the distortion caused by government intervention. In fact, it is more important to consider government policies than conventional market signals in an analysis of international trade of these products. Because these policies have been pervasive in recent decades,

* Ing. Agr., M.Sc., Oficina de Programación y Política Agropecuaria, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Constituyente 1476 piso 2, 11100 Montevideo, Uruguay.

the analysis must assume that government intervention constitutes a structural element.

A picture of production and consumption, of its distribution in the world, and of long-term trends in supply and demand is presented from this perspective. Main changes in consumer preferences and their impact on future markets are also considered.

The analysis must also consider the possible results of the Uruguayan round (GATT), and the incidence that the creation of MERCOSUR can have on livestock production in the region and in Uruguay.

Production and trade of beef and dairy products are concentrated in developed countries of the Northern hemisphere. In the case of sheep, the USSR and Australia are important in terms of output whereas Australia, South Africa, New Zealand and Uruguay dominate the export market. As an example, developed countries contribute about 70% of the world's beef output (34.5 out of 50 million tons) and of exports (3.2 out of 4.7 million tons, excluding trade within economic communities).

THE IMPACT OF MERCOSUR

The creation of MERCOSUR will have a differential impact on each of the three commodities considered. Incidence on sheep production will be nil because the region is a net exporter of wool, and there is little intra-region trade.

Because MERCOSUR has a deficit in supply of dairy products, it is likely that the Uruguayan dairy sector will receive additional stimuli to continue growing, specially in view of the Brazilian situation. The creation of a wider market can be a potential incentive.

On the other hand, the picture is less clear for beef production. The region has surpluses and it is a net exporter, but there is significant intra-regional trade, at least when compared to the volumes of output and trade of Uruguay. The free movement of livestock can produce a spatial rearrangement of animals in different sectors of production, such as breeding and fattening, and relocation of industries depending on competitive advantages within the region.

At any rate, factors such as availability of natural resources, the distribution of the population, demographic variables, production structure and, even historical elements, suggest that livestock production will continue being important to the Uruguayan economy.

CONCLUSION

From these considerations, the adoption of new technology is vital to the future growth of livestock production and of the national economy. Jointly with nutrition and animal health, genetic improvement is one of the cornerstones of livestock production.

The increasing concern about environmental issues, the need to design strategies that lead to sustained development, and the perception of an increased value of "natural" products give elements to question past policies of technological development. All these factors may suggest new avenues for research and development in genetic improvement.

THEORY OF GENETIC EVALUATION OF ANIMALS AND ITS APPLICATION IN DEVELOPED COUNTRIES

Daniel Gianola*

INTRODUCTION

The problem of genetic improvement can be stated as follows: a merit function is defined for a given population, and animals with the highest merit are chosen as parents of the following generation, so as to maximize expected merit in the progeny. Merit must be heritable, so transmission follows Mendelian rules. Because gametes produced by parents differ (unless animals are completely inbred) genotypes in the progeny occur with different probabilities, so there is uncertainty with respect to the outcome of a mating. In addition, genetic merit for economically important traits cannot be observed directly, due to the influence of many environmental factors. Hence, it must be inferred from production records (e.g., milk production) or from subjective scores (e.g., calving difficulty), which introduces additional uncertainty. The first source of uncertainty relates to the information that a particular class of relatives provides about a candidate for selection. The second source pertains to the information that a phenotypic value provides about the genotype. Genetic analysis is then an eminently statistical problem.

The objective of this paper is to present an overview of the bases of

genetic evaluation and to describe some applications in dairy cattle. References to the Uruguayan situation are made where it is appropriate.

ELEMENTS OF GENETIC EVALUATION

A genetic evaluation is a statistical inference about the merit of an animal and, as such, is subject to error. The extent of this error, but not its direction, can be quantified. The problem of genetic evaluation is quite complex, and a review of current techniques is given in the books by Henderson (1984) and by Gianola and Hammond (1990). There are several aspects of genetic evaluation: 1) definition of genetic merit; 2) development of a production recording scheme, 3) entertaining a plausible statistical model; 4) choosing a prediction or estimation technique; 5) development of algorithms and computing strategies; 6) using the information for selection decisions; 7) optimizing the mating decisions; 8) disseminating genetic superiority, and 9) assessing genetic change. Strictly speaking, aspects (7), (8) and (9) are external to genetic evaluation, but they are considered here for the sake of completeness.

Definition of merit

A merit function (also called breeding objective) is a formal representation of the genetic worth of an animal which includes the different traits and their relative economic importance. Following the early work of Smith (1936) and Hazel (1943), merit has been defined as a linear combination of additive genetic values for several traits such as milk production, protein content, and susceptibility to mastitis. Each trait is weighted by its relative economic value, which is the first partial derivative of merit with respect to the trait in question.

Linear merit function are still widely employed, but these are naive. First, it is unlikely that increasing the level of a trait always produces the same return per unit of change. Quite obviously, increasing the mature size of a beef cow beyond a certain optimum is not reasonable. Second, the value of increasing the level for a particular trait may depend on the average value for another trait. For example, the return from increasing pre-weaning survival in pigs depends on the size of the litter because the probability of survival decreases as prolificacy increases. More generally, linear merit functions do not observe the law of diminishing returns. As a minimum, merit

* Ing. Agr., M.Sc., Ph.D., Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, INIA - Montevideo, Andes 1365 p. 12, C.P. 11100 Montevideo, Uruguay, and Department of Dairy Science, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin, 53706, USA.

function should be quadratic; this can be justified mathematically.

In dairy cattle, at least in the United States, selection has been for a single trait, milk production, although there has been some emphasis on type as well. This means that the breeding objective has been quite simple, although this is beginning to change. At present, there is a national sire evaluation program for calving difficulty in Holstein, and a national genetic evaluation for somatic cell count is about to be launched.

Another area in which the definition of merit has been restrictive is that attention has centered on additive genetic effects only. With the advent of better analytical methods, evidence is beginning to show that non-additive genetic effects, such as dominance and epistasis, can be important on a within-breed basis. Some epistatic effects are transmitted from parents to progeny. Studies carried out in Canada, Illinois, and by the U.S.D.A., suggest that dairy bulls and cows can be evaluated for additive x additive epistatic effects, and mating programs devised accordingly.

Production recording scheme

Once merit is defined, the question arises as to whether it is practical or not to obtain field records for the variables involved. Some traits are rather easy to record, such as milk production, but others are complex, or expensive. For example, efficiency of food conversion in beef cattle or in pigs can be measured only in specialized research centers. Hence, one must resort to correlated traits such as body weight gain during a specified period.

Although recording should be kept simple, it must be comprehen-

sive. Testing of dairy cattle must be on a "whole herd" basis because, otherwise, the data are liable to all sorts of biases, including nonrandom recording of cows, recording of preferentially treated animals, etc.. Unless all cows are tested, it is impossible to assess correctly the level of herd mates, which provides the basis for contemporary groups against which the daughters of a particular sire are contrasted. In fact, it is quite possible that non random selection of herd mates may bias downwards the evaluation of a particular sire. Obviously, the opposite is quite possible as well.

The benefits of milk recording are well known, not only from a genetic point of view but also from a management perspective. In 1985, about 42% of all cows in the United States were milk recorded (Voelker, 1985). The average production of all cows in the country was 5,900 kg of milk and 215 kg of fat. On the other hand, the average production of cows in milk recorded programs was 7,100 kg of milk and 262 kg of fat. This difference of about 20% cannot be attributed to milk recording, but it may be a reflection of the fact that better farmers tend to keep production records.

From a genetic evaluation point of view, it is also essential to have access to records of coancestry among animals. The files containing production records must be matched against those containing the relationships among animals. This permits weighting the information contributed by the different types of relatives in an appropriate way.

The situation is far from satisfactory in Uruguay. The level of milk recording has been extremely low and incomplete, in spite of the fact that its importance was recognized as early as 1935. Today, there are

two programs, one oriented towards pedigree herds, and the other towards commercial herds. These programs should be complementary and not antagonistic. In my view, there should be a single milk recording program, with several optional sub-programs. This is the case in the U.S.A.. Genetically, it would be ideal to use the whole population of dairy cows, irrespective of pedigree status, to obtain genetic evaluations, as practiced in New Zealand. Bulls and cows would be evaluated much more precisely, and the scope for genetic advance would be greater. This, of course, does not exclude the possibility of carrying out separate evaluations for pedigree herds. Discrepancies between evaluations obtained from the pedigree animals and from the whole recorded population can suggest problem areas for research, such as the possibility of a different genetic structure, biases due to preferential treatments, and genotype x environment interactions.

Statistical models

A model is a mathematical representation of the factors that affect a production record. For example, a milk production record can be viewed as a result of the sum of the breeding value of the animal, plus several nuisance factors such as herd, age of cow, number of days open, year and season of calving, etc.. The statistical problem is one of disentangling the effect of interest (breeding value) from that of the other factors.

Models can be univariate (single trait) or multivariate (several traits are analyzed jointly). For example, an analysis can include milk yield, fat test and type traits simultaneously. Other traits such as calving difficulty or number of services per conception may require a nonlinear

specification. For example, the probability of survival of a dairy cow is a nonlinear function of its genetic value for survival.

A complete specification of the model requires knowledge of genetic variances and of genetic correlations. There are powerful methods to estimate these parameters and the best ones are based on likelihood functions (Patterson and Thompson, 1971; Gianola and Foulley, 1990).

Prediction Techniques

If merit were observable, the animals chosen would be those having the highest merit. Because this is not possible, the analysis is made conditionally on the information available and the animals selected are those having the largest conditional means. This is optimal, in the sense of maximizing the expected merit of the selected animals, as shown by Bulmer (1980), Goffinet (1983) and Fernando and Gianola (1986).

If the distribution is multivariate normal, a reasonable but not "best" approximation to the conditional mean is given by the BLUP (best linear unbiased prediction; Henderson, 1973) technique. Gianola (1989) has shown that BLUP can be improved upon. If the data are not normal or if the distribution is censored, other techniques should be used (Gianola and Foulley, 1983; Harville and Mee, 1984; Carriquiry et al., 1987).

Today there is considerable interest in the "animal" model. This is simply a BLUP implementation in which all known relationships among animals are included. Thus, sires, cows, calves and even embryos can be evaluated jointly. Incorporating relationships also increases the accuracy of evaluation, and allows the removal of certain biases caused by

nonrandom selection and mating of animals.

The prediction is the evaluation of an animal, and it has an error associated with it. This means that a dairy bull with a "high" evaluation can have poor daughters, and that another one with a poor evaluation can produce cows with high production. Accepting this variation is fundamental to the understanding of genetic improvement of dairy cattle because variation exists even among identical copies of animals treated differently. If cow embryos are split and one (A) is raised under confinement in Sweden and the other one (B) is kept in the Basalto area of Uruguay under sub-optimal conditions, it would not be surprising if the milk production of A exceeds that of B by a factor of 10.

Computing strategies

Until recently, limitations in hardware and programming techniques constrained the application of advanced methods such as BLUP with the animal model. Two years ago, the USDA began the evaluation of several hundred thousands of cows and bulls jointly, with the animal model. The computing strategy involves using iterative methods that allow solution of more than a million simultaneous equations.

The technique is now available in Uruguay, as pointed out in the paper by Alicia Carriquiry in this Forum. The situation is somewhat ironic in the sense that the techniques are "awaiting" the data, rather than the opposite. In the USA, about 20 years of developmental work were required before the animal model could be applied to the large volume of data available. On the other hand, only a few days of hard work were required to install the software in

Uruguay, whereas the data are rather scant.

Selection and mating decisions

Once the genetic evaluations are computed, a choice must be made concerning the animals to be used as parents, young bulls to be sampled in a progeny test, elite cows to be chosen as bulldams or as donors in an embryo transfer scheme, and proven bulls to be culled.

The availability of genetic evaluations permits to carry all this in a rational and informed manner. In a sense, quality control becomes possible because the mystery of the show ring is eliminated, and the unambiguous assessment of imported semen, animals or embryos is made feasible. Although there is very limited evidence of genotype x environment interactions for milk production in dairy cattle (at least within the range of environments that may be of interest in Uruguay), a national genetic evaluation program would permit studying them as well as carrying out international comparisons of dairy sires. This would give Uruguay access to INTERBULL (a specialized worldwide dairy cattle improvement organization).

A potential problem of selection based on animal model evaluations is a possible elevation of the level of inbreeding; this is because the technique is a form of family selection so that the correlation between estimated breeding values of different individuals is higher than what would otherwise be. In the short term this should not be a problem, specially if semen from foreign countries continues being available. At any rate, if inbreeding were to become a problem, it is possible to develop mating programs that

maximize expected merit subject to an inbreeding level constrained via integer programming techniques.

Dissemination of genetic superiority and assessment of genetic changes

With conventional progeny testing programs, after genes flow into all age categories of the population, it is possible to sustain rates of genetic improvement for milk production of 1-3% per year. If, in addition, an effort is made to capture the advances made in developed countries, perhaps an improvement rate of 5% per year can be achieved during an early phase, to then return to a steady state rate of about 1-2%.

This theory has been shown to work in developed countries. Norman (1986) has given evidence in the USA that the genetic merit of cows for milk production increased by about 65 kg per year between 1978 and 1986. With the BLUP techniques already available in Uruguay, genetic change can be monitored simply by averaging the predicted breeding value of animals born in a particular year and comparing it with those of animals born earlier.

CONCLUSION

The basic elements of an effective dairy cattle breeding scheme are a good milk recording scheme, coancestry information, the availability of artificial insemination, statistical and computing technology, and an intelligent importation policy, as shown by the European and Israeli experiences. In the case of Uruguay, the main bottleneck today is the limited extent of milk recording, and its poor quality.

REFERENCES

- Bulmer, M.G. (1980). *The Mathematical Theory of Quantitative Genetics*, 255 pp. Clarendon Press, Oxford.
- Carrquiry, A.L.; Gianola, D.; Fernando, R.L. (1987). Mixed model analysis of a censored normal distribution with reference to animal breeding. *Biometrics* 43, 929-939.
- Fernando, R.L.; Gianola, D. (1986). Optimal properties of the conditional mean as a selection criterion. *Theoretical and Applied Genetics* 72, 822-825.
- Gianola, D. (1989). *Application of Bayesian Methods in Animal Breeding*. Mimeo. 290 pp. Station de Genetique Quantitative et Appliquee, INRA. Jouy-en-Josas, France.
- Gianola, D.; Foulley, J.L. (1983). Sire evaluation for ordered categorical data with a threshold model. *Genetics Selection Evolution* 15, 201-224.
- Gianola, D.; Foulley, J.L. (1990). Variance component estimation from integrated likelihoods. *Genetics Selection Evolution* (In press).
- Gianola, D.; Hammond, K. (1990). *Advances in Statistical Methods for Genetic Improvement of Livestock*. 534 pp. Springer-Verlag, Heidelberg.
- Goffinet, B. (1983). Selection on selected records. *Genetics Selection Evolution* 15, 91-97.
- Harville, D.A.; Mee, R.W. (1984). A mixed model procedure for analyzing ordered categorical data. *Biometrics* 40, 393-408.
- Hazel, L.N. (1943). The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics* 28, 476-490.
- Henderson, C.R. (1973). Sire evaluation and genetic trends. Proc. Symp. in Honor of Dr. J.L. Lush, American Society of Animal Science and American Dairy Science Association, 10-41 Champaign, Illinois, U.S.A.
- Henderson, C.R. (1984). *Application of Linear Models in Animal Breeding*. University of Guelph Press, Guelph.
- Norman, H.D. (1986). Sire evaluation procedures for yield traits. Fact Sheet H1, 9 pp. National Cooperative Herd Improvement Program Handbook. U.S.D.A.
- Patterson, H.D.; Thompson, R. (1971). Recovery of interblock information when block sizes are unequal. *Biometrika* 58, 545-554.
- Smith, H.F. (1936). A discriminant function for plant selection. *Annals of Eugenics* 7, 240-250.
- Voelker, D.E. (1985). *History of Dairy Recordkeeping*. Fact Sheet A2, 7 pp. National Cooperative Herd Improvement Program Handbook. U.S.D.A.

STATISTICAL AND COMPUTATIONAL ASPECTS OF GENETIC EVALUATION OF LIVESTOCK

Alicia L. Carriquiry*

GENERAL CONSIDERATIONS

Genetic improvement of livestock, carried out mainly through ranking and choice of the "best" animals, requires reliable prediction of the breeding value (or genetic merit) of the candidates for selection. The problem of accurately predicting the genetic merit of an animal is quite complex from a statistical viewpoint; further, the amount of information available on which to base predictions is often enormous, which turns genetic evaluation of livestock into a challenging numerical problem. While statistical and numerical procedures in use today were developed only in the past twenty years, it is useful to review some of the earlier work in animal breeding theory and its evolution until the present time.

Much of the methodology applied today in animal breeding can be traced back to Pearson (1903), who derived conditional means and variances for the multivariate normal distribution. Henderson (1990) argued that, in fact, Wright's (1931) and Lush's (1933) work, as well as Smith's (1936) and Hazel's (1943) selection index, are based on Pearson's results, i.e., on estimating conditional means under the assumption of normality.

Until the seventies, genetic evaluation of livestock was carried out mainly through the use of a linear index. Under some very restrictive assumptions, Cochran (1951) reexamined the work of Smith (1936) and Hazel (1943) and showed that, as long as selection was by truncation and the distribution was normal, the mean breeding value of individuals selected by a linear index was maximized. The idea of different economic importance of each production trait was also introduced at this time. In this manner, multiple traits could be taken into consideration when ranking candidates for selection.

As new reproductive technologies such as artificial insemination with frozen semen became available, some of the underlying assumptions of selection indexes were made untenable. In particular, the assumption of equal amounts of information, of lack of relationship among candidates for selection, and of known values of the "fixed effects" (or environmental effects) on production were unjustifiable. Also, farmers could choose among sires and use young and old sires simultaneously. Information on animals was produced across herds and years, further complicating genetic evaluation. In 1963, Henderson introduced BLUP (best linear

unbiased prediction), a statistical procedure to predict the genetic merit of an animal.

HENDERSON'S TECHNIQUES

Henderson (1963, 1973) presented BLUP as a means to carry out genetic comparisons among dairy sires, although the technique was applied later to other species. The method solved some of the more troubling problems posed by selection indexes: it allowed the practitioner to incorporate all available production and pedigree information on each animal and did not require that the values of the fixed effects be known. Indeed, the value of all effects on production included in the model are estimated in the process of computing BLUP.

In order to obtain the BLUP of a set of animals for any trait, it is necessary to solve a set of linear equations (the mixed model equations) of dimensions equal to the number of animals to be evaluated plus the number of other effects in the model. Even when the number of sires which are candidates for selection is not high, the number of levels of fixed effects may be large. Consider, for example, the genetic evaluation of Holstein sires in the

* Ing. Agr., M.Sc., Ph.D., Department of Statistics, Iowa State University, Ames, Iowa 50011, USA.

United States. A subset of the data on first lactations initiated during 1979-1981 was produced by cows that were daughters of only 1,028 sires. However, these lactations were initiated in 114,000 herd-year-season combinations, implying that in order to obtain the BLUP of the 1,028 sires for milk production, it is necessary to solve a system of about 115,000 equations (Carriquiry, 1989). With the advent of the computer, BLUP became the method of choice to evaluate the genetic merit of animals all over the world.

To compute BLUP of breeding values it is assumed that the production record of an animal can be represented by a mixed linear model including fixed effects (such as the effect of herds, year, or season), random effects (such as the sire of the animal, or the animal itself) and random environmental effects (such as permanent and temporary environmental effects). The method consists of estimating the fixed effects in the model by the best linear unbiased estimator (BLUE) and the random effects (most frequently, genetic effects) via BLUP. It is assumed that the variances of the random effects in the model are known. Since, in general, these variances are unknown, the process of obtaining the BLUP of animals is a two-step process. First, the variance components are estimated, perhaps via the method of Restricted Maximum Likelihood (Patterson and Thompson, 1971). Second, the estimated values of the variance components are used in place of the true, unknown values in the mixed model equations in order to obtain a solution. While using estimated rather than true variances causes some formal statistical problems (Harville and Carriquiry, 1991), if the variances are estimated precisely,

in practice, the resulting evaluations are nevertheless reliable.

It may be safe to suggest that no other development in animal breeding theory has had the impact of Henderson's mixed model methodology. Perhaps this is best evidenced in that most recent research in the area has focused on modeling and numerical issues associated with it, rather than on methodological issues. The work of researchers such as Gianola and Fernando (1986), Gianola and Foulley (1990), and Harville and Carriquiry (1991), among others, constitute the exception rather than the rule.

THE ANIMAL MODEL

The animal model (described for beef production by Quaas and Pollak, 1980), is just one of many that can be handled with BLUP techniques. The animal model permits incorporating all known relationships among animals, which is not possible with a sire model. The adoption of technologies such as embryo transfer has motivated even further analytical developments.

The huge volume of information available for selection decisions in today's breeding programs has prompted research in the area of numerical solution of large numbers of equations (Schaeffer and Kennedy, 1986; Groeneveld and Kovac, 1990). Today it is possible, even with relatively small computers, to obtain genetic evaluations of a large number of animals, simultaneously for more than one trait. Programs such as PEST, developed by Groeneveld and Kovac (1990) permit the computation of BLUP with a minimum of effort, and with the possibility of entertaining a

variety of models in an efficient manner.

POSSIBLE BENEFITS TO URUGUAY

How can Uruguay benefit from these technologies? While the advantages of applying objective methods for genetic evaluation of livestock cannot be questioned (it suffices to compare the average milk production of Holstein cows in the United States in 1960 with that of today, even adjusting for improved health and nutrition), the requirements in software and hardware have kept these technologies out of reach for Uruguayan researchers and producers. This need not be so any longer. What is now required is objective, reliable, information on production and pedigree of Uruguayan livestock. The programs and hardware required for the processing of the information thus collected are already in place in Uruguay. The challenge is here and it must be faced.

REFERENCES

- Carriquiry, A.L. (1989). A Bayesian Approach to the Genetic Evaluation of Livestock. Unpublished Doctoral Thesis, Departments of Statistics and Animal Science, Iowa State University, Ames, USA.
- Cochran, W.G. (1951). Improvement by means of selection. In: Neyman, J. (ed) Proceedings of the Second Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, pp 449-470.

- Gianola, D.; Fernando, R.L. (1986). Bayesian methods in animal breeding theory. *Journal of Animal Science* 63,217-244.
- Gianola, D.; Foulley, J.L. (1990). Variance component estimation from integrated likelihoods. *Genetics Selection Evolution* (In press).
- Groeneveld, E.; Kovac, M. (1990). A generalized computing procedure for setting up and solving mixed linear models. *Journal of Dairy Science* 73,513-531.
- Harville, D.A.; Carriquiry, A.L. (1991). Classical and Bayesian approaches to prediction. *Biometrics* (In press).
- Hazel, L.N. (1943). The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics* 28,476-490.
- Henderson, C.R. (1963). Selection index and expected genetic advance. In: *Statistical genetics and plant breeding*. National Academy of Science - National Research Council Publication N982, Washington, D.C., pp 141-163.
- Henderson, C.R. (1973). Sire evaluation and genetic trends. In: *Proceedings of the Animal Breeding and Genetics Symposium in Honor of Dr. J.L.Lush*. American Society of Animal Science and American Dairy Science Association, 10-41, Champaign, Illinois.
- Henderson, C.R. (1990). Statistical methods in animal improvement: general overview. In: Gianola, D. and Hammond, K. (eds) *Advances in Statistical Methods for Genetic Improvement of Livestock*, 2-14. Springer-Verlag, Heidelberg.
- Lush, J.L. (1933). The bull index problem in light of modern genetics. *Journal of Dairy Science* 16,501-522.
- Patterson, H.D.; Thompson, R. (1971). Recovery of interblock information when block sizes are unequal. *Biometrika* 58,545-554.
- Pearson, K. (1903). Mathematical contributions to the theory of evolution. XI. On the influence of natural selection on the variability of organs. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A* 200,1-66.
- Quaas, R.L.; Pollak, E.J. (1980). Mixed model methodology for farm and beef cattle testing programs. *Journal of Animal Science* 51,1277-1287.
- Schaeffer, L.R.; Kennedy, B.W. (1986). Computing strategies for solving mixed model equations. *Journal of Dairy Science* 69,575-579.
- Smith, H.F. (1936). A discriminant function for plant selection. *Annals of Eugenics* 7,240-250.
- Wright, S. (1931). On the evaluation of dairy sires. *Proceedings of the American Society of Animal Production* (Abstr.) 71.

SITUATION AND POSSIBLE STRATEGIES FOR GENETIC IMPROVEMENT OF DAIRY CATTLE IN URUGUAY

Luis Salvarrey ; Edgardo Cardozo^{**}

INTRODUCTION

Developing a National program for genetic improvement of dairy cattle requires defining: 1) selection objectives and criteria; 2) a system for collecting and processing records of production, and 3) genetic evaluation of cows and sires, with use as parents of those having higher breeding values.

SELECTION OBJECTIVES AND CRITERIA

There is diversity in selection objectives and criteria, reflecting varying interests among the different agents involved in milk production. Commercial producers depend financially on the output of milk and butterfat, whereas breeders also consider type. It is essential to analyze selection objectives and criteria considering all segments of the dairy sector, i.e., dairymen, breeders and manufacturers, because of their mutual interdependence.

COLLECTION AND PROCESSING OF RECORDS

In genetic evaluation of animals it is important to record the traits

upon which selection operates as frequently as possible. In milk production, this would imply keeping daily records, which is impractical and expensive. Therefore, it is important to attain a compromise between the accuracy of the evaluation and its cost. Mc Daniel (1969) reviewed the accuracy of different sampling procedures for estimating lactation yield.

There is abundant literature about the accuracy of daily sampling and of alternative systems (Everett et al., 1968; Rao and Sundaresan, 1979). In general, a monthly measurement, including both milkings, is used, which is similar to what is described in the Uruguayan rules for milk recording (King, 1973; A.R.U., 1979).

Production records are processed to make decisions at the farm level, and to predict breeding values of cows and bulls. After the production records are obtained (a monthly process), decisions to improve farm management can be made. At this level, it is advisable to have the means (computer and software) in the dairy farm or in regional centers with easy access to users.

Additional processing of the information can be made at lengthier intervals. In this case, more complex programs and more powerful hardware are needed. Access to a

large, national, computing center would allow processing a large volume of records as needed for genetic evaluation of cows and bulls. Besides having substantive computing power, this center would need advanced statistical software to calculate genetic evaluations, highly specialized scientific staff, library support and telecommunication with world centers of genetic improvement.

GENETIC EVALUATION OF COWS AND BULLS

Genetic evaluation of dairy cows is based upon individual records of performance for traits to be included in the improvement program. There is considerable information in Uruguay about the effect of non-genetic factors (herd, year, season, age at calving) on milk and fat yield (Vasallo, 1972; Fernández and Molinari, 1978; Della Mea and Viega, 1979; Pastori and Paullier, 1980; Berrutti and Grignola, 1987; Alonso and Montes, 1989).

Newer methods of genetic evaluation of cows and bulls require information on production of the various progeny groups and knowledge of relationships of coancestry among the animals to be evaluated, which permits weighting the differ-

* Ing. Agr., M.Sc., Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, INIA - La Estanzuela, Casilla de Correo 39173, Colonia, Uruguay.

** Ing. Agr., Ph.D., Facultad de Agronomía, Av. Garzón 780, CP 11900 Montevideo, Uruguay, y Plan Agropecuario, Montevideo, Uruguay.

ent sources of information in an optimal manner. These requirements are not met yet at the national level, but it would be possible to begin applying methods developed by Lush fifty years ago. This would still be an advance in relation to the current situation. Also, a system of registry must be developed in order to evolve towards more modern and precise methods of evaluation.

Until now, sire selection in Uruguay has been exclusively on dam's yield, using in many cases a single lactation record. Butcher (1976) showed that the accuracy thus achieved is extremely low.

Sire selection in dairy cattle must operate at two levels: 1) as calves using a family index, to then be included in a progeny test (only those calves having the highest index values), and 2) as adults, once daughter's information becomes available (the progeny test).

International information has shown that the most modern genetic evaluation is that based on BLUP (best linear unbiased prediction) with the "animal" model. Thus, cows and bulls can be evaluated jointly so as to eliminate the effect of non-random matings (Meyer and Burnside, 1988). Under Uruguayan conditions, where natural service is common, the "animal" model would permit a more precise genetic evaluation of cows and bulls than other statistical methods (Solbu and Steine, 1990).

There is increasing attention on the use of Multiple Ovulation and Embryo Transfer (MOET) in alternative schemes of genetic improvement. There are several forms of MOET, some of which complement the progeny test (Hybrid schemes), and others that do not require such test, or Nucleus schemes (Nicholas and Smith, 1983; Colleau, 1985). Ruane and Smith (1989)

analyzed the advantages, in the short and long term, of Nucleus Schemes, juvenile and adult, in relation to the genetic progress expected with the progeny test. From a national perspective, it is advisable to study MOET as a possible future method for genetic improvement of dairy cattle. It is unlikely that it could be implemented in the short term, because genetic evaluations of cows and bulls are needed. Given the available technology, genetic progress would be maximized using BLUP-animal model, plus MOET to increase the rate of reproduction of cows with the highest breeding values

REFERENCES

- Alonso, J.; Montes, E. (1989). Análisis de factores no genéticos que influyen sobre los registros productivos de vacas de raza Normando. Tesis de Ing. Agr., Facultad de Agronomía, Montevideo. 107 pp.
- Asociación Rural del Uruguay (1979). Reglamento de Control Lechero, 5 pp.
- Berrutti, G.E.; Grignola, F.E. (1987). Análisis de la variación de registros de producción de leche, producción de grasa y porcentaje de grasa asociada a rodeo, año de parto, estación de parto y edad al parto. Tesis de Ing. Agr., Facultad de Agronomía, Montevideo. 131 pp.
- Butcher, K.R. (1976). Pedigree selection of young sires. National Workshop on Genetic Improvement of Dairy Cattle. Missouri, U.S.A., pp. 53-62.
- Colleau, J.J. (1985). Genetic improvement by embryo transfer within selection nuclei in dairy cattle. *Genetics Selection Evolution* 17, 499-538.
- Della Mea, J.C.; Viega, L.H. (1979). Efecto del peso y la edad al primer parto sobre la producción de vacas Holando. Tesis de Ing. Agr., Facultad de Agronomía, Montevideo. 78 pp.
- Everett, R.W.; Mc Daniel, B.T.; Carter, H.W. (1968). Accuracy of monthly, bi-monthly and trimonthly Dairy Herd Improvement Association records. *Journal of Dairy Science* 51, 1051-1058.
- Fernández, D.H.; Molinari, C.E. (1978). Evaluación de las lactancias según la época de parición. Tesis de Ing. Agr., Facultad de Agronomía, Montevideo. 113 pp.
- King, G.J. (1973) The National Cooperative Dairy Herd Improvement Program. U.S. Department of Agriculture ARS-49-4.
- Mc Daniel, B.T. (1969). Accuracy of sampling procedures for estimating lactation yield: a review. *Journal of Dairy Science* 52, 1742-1761.
- Meyer, K.; Burnside, E.B. (1988). Joint sire and cow evaluation for conformation traits using an individual animal model. *Journal of Dairy Science* 71, 1034-1049.
- Nicholas, F.W.; Smith, C. (1983). Increased rates of genetic change in dairy cattle by

- embryo transfer and splitting. *Animal Production* 36, 341-353.
- Pastori, H.; Paulier, G. (1980). Determinación de factores de corrección de registros de producción de leche según edad al parto. Tesis de Ing. Agr., Facultad de Agronomía, Montevideo. 104 pp.
- Powell, R.L.; Norman, H.D.; Wiggans, R.G. (1985). Trends of breeding values of dairy sires and cows for milk yield since 1960. *Journal of Dairy Science* 68 (suppl. 1), 221 (Abstr.).
- Rao, M.K.; Sundaresan, D. (1979). Reliability of different test intervals in estimating the lactation yield and sire evaluation. *World Review of Animal Production* 15, 55-59.
- Ruane, J.; Smith, C. (1989). The genetic response possible in dairy cattle improvement by setting up a multiple ovulation and embryo transfer (MOET) nucleus scheme. *Genetics Selection Evolution* 21, 169-183.
- Solbu, H.; Steine, T. (1990). Improving selection of young sires. Proceedings of the 4th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production XIV, 25-34. Edinburgh.
- Vasallo, C. (1972). Efecto de la época de parto y número de lactancia sobre el rendimiento de la lactancia. Tesis de Ing. Agr., Facultad de Agronomía, Montevideo. 70 pp.
- Woolliams, J.A. (1990). Strategies to maximise selection progress in dairy cattle. Proceedings of the 4th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production XIV, 15-24. Edinburgh.

GENETIC IMPROVEMENT OF BEEF CATTLE IN URUGUAY

Ricardo A. Cardellino*

INTRODUCTION

Plans for genetic improvement of beef cattle are based on a sequence of steps: 1) definition of objectives and of traits to be recorded; 2) organization of production recording; 3) data processing, and 4) use of data in selection decisions.

Research must provide information about: 1) breeds and differences about them for productive traits; 2) genetic and phenotypic parameters, and effects of the main environmental factors; 3) current and potential production systems, including simulated ones; 4) population structure (studs, commercial herds) and present selection systems; 5) production of purebreds and crossbreds, and 6) market for beef and demand projections.

BREEDING OBJECTIVES

In general, breeding objectives for beef cattle include mainly: reproductive performance, fertility, survival, maternal ability, growth rate, carcass weight and level of fatness. This is an oversimplification because there are formal methods to develop breeding objectives; these must be distinguished from selection criteria. The first ones represent a combination of all traits of economic importance in beef production, whereas selection criteria are those

characters used in estimation of breeding value of animals. Ponzoni and Newman (1989) described a sequential method to develop breeding objectives for beef cattle, which includes the following steps: a) specification of breeding and production systems, and of markets; b) assessment of sources of income and of expense in commercial herds; c) identification of biological traits affecting income and expenses, and d) derivation of relative economic value of traits. Although, in practice, selection may not be based on an index, its development may reveal the importance of each trait as well as areas in which knowledge is limited, thus supporting the identification of research plans.

PRODUCTION RECORDING AND DATA PROCESSING

The organization of production recording in Uruguay is well developed. Intra-herd performance testing began in the 70's, and this constitutes the basis for a national genetic improvement program in Uruguay. At present, there are two performance testing programs, sponsored by the Hereford and Aberdeen Angus breed associations.

These programs evolved since their inception, both in terms of the processing of the information and in the type of data presented to breeders

for selection decisions, or for purchase of breeding animals or semen. At the beginning, the evaluation was oriented towards body weight or conformation; age-adjusted (205-day) weaning weight was corrected for age of dam effects, and expressed relative to a contemporary group, with average value 100. Unfortunately, these relative indexes do not permit comparisons among such groups, were developed strictly on an intra-year basis, and do not use inter-herd information. Another aspect is that genetic trends cannot be estimated.

Pollak (1988) has described techniques for prediction of breeding value used at present with beef cattle. Using BLUP (best linear unbiased prediction) theory, each source of information is given an appropriate weight in the prediction of breeding value, also known as expected progeny difference. The model used most frequently is the "animal" model, which has a series of advantages: a) the evaluation includes information on the individual and its relatives, so as to increase accuracy of evaluation; b) the analysis can include traits such as weaning weight, with its direct and maternal components; c) the effect of non-random mating can be accounted for because the analysis considers the genetic merit of dams; d) the genetic level of contemporary groups is taken into account, and e) a multi-trait analysis is possible. The

development of better analytical methods permits including field data from all participating studs in a breed, at least if there is some connectedness induced by the use of reference sires. These and their distribution across studs can be designated by breed associations.

The use of the data in selection is a problem in many countries. In spite of the availability of the technology, there is still little understanding of its value in studs and commercial herds. Thus, there is a need to develop education and extension programs.

POSSIBILITIES

There are good possibilities for genetic improvement of beef cattle

in Uruguay. The challenge posed by a regional integration will press breeders to use technology that follows international standards, so as to be competitive in export of germplasm, and to manage intelligently the importation of semen. Breed associations have a strong structure that enable them to put genetic improvement programs into effect; some of these already have a significant experience with performance recording and with central testing stations, plus with additional programs carried out privately. The largest breeds, with sizable herds, can organize national sire evaluation programs similar to those in Australia, Canada, New Zealand and the U.S.A.. In smaller breeds, however, it would be more

appropriate to adapt European schemes, with attention to a possible demand for these breeds in crossbreeding schemes.

REFERENCES

- Pollak, E.J. (1988). Current genetic prediction systems used in the beef cattle industry. In: Proc. Beef Improvement Federation. Albuquerque, NM, 5-12. BIF, North Carolina State University, Raleigh.
- Ponzoni, R.W.; Newman, S. (1989). Developing breeding objectives for Australian beef cattle production. *Animal Production* 49,35-47.

URUGUAYAN EXPERIENCE WITH ON-THE-FARM AND CENTRAL PERFORMANCE TESTING IN HEREFORD CATTLE

Juan Méndez*

INTRODUCTION

From 1962, the "La Estanzuela" Experiment Station has been collecting and analyzing performance records of cattle raised under grazing conditions. This gave the basis for developing an improvement program that, since 1968, has been supporting selection and management in the most important Hereford pedigree herds in the country. The program was expanded thereafter, and a bull Central Testing Station located in Kiyú was developed.

The objective of this paper is to present some results of this work aimed to improve by genetic means the Hereford breed in Uruguay.

ON-THE-FARM PERFORMANCE TESTING

From 1968, the information collected consists of individual body weight records obtained at 6, 15 and 18 months of age, plus data about management conditions and nutritional treatments (natural range, improved pasture, etc.), so as to define contemporary groups of comparison. The information, was obtained by specialized staff until 1982, and by breeders thereafter.

With this information, weaning weights have been adjusted by age of dam at calving using additive correction factors, which are reviewed periodically. For example, differences in average pre-weaning daily gain for 5,720 dams in 1990-91 were: 0.726 kg for calves out of 3-year old dams, 0.770 kg for 4-year old dams, 0.786 kg for 5-year old dams, 0.828 kg for 6-9 year old cows, and 0.797 for dams having 10 or more years of age at calving.

Breeders receive the body weight information so collected, and an evaluation of each individual consists of age-corrected weights in absolute values, or relative to the average of each contemporary group of comparison.

A total of 128,322 animals has been performance recorded since 1968; the 80's were a highlight, with an annual average of 71 studs and 7,800 animals (97 animals, on average, per stud). Today, there are 68 studs and 5,720 animals under performance recording.

Fifty four percent of the studs are in the West of Uruguay, 21% in the Center, 13% in the East, and 12% in the North. The Departments of Río Negro (21%), Soriano (17%), Paysandú (15%), and Durazno (14%) contributed about 67% of the performance recorded animals.

The studs work with a large proportion of replacement cows, and with very few old females. About 50% of the herd is accounted for by cows having 5 or less years of age, whereas only 6% corresponds to dams with 10 or more years.

The distribution of births across seasons is as follows: 77% in the Spring, 15% in the Winter, 5% in the Fall and 3% in the Summer. Most births (32%) occur in October. Average pre-weaning daily gain for 4,970 calves born in August, September, October and November of 1990 was: 0.842 kg, 0.827 kg, 0.786 kg and 0.780 kg, respectively.

Growth data for animals raised under different nutritional regimes are given in Table 1; figures represent 5,720 calves born in 1990, and 4,316 bulls and heifers born in 1989.

TABLE 1. Growth of performance tested Hereford cattle in 1989 and 1990 under different nutritional regimes.

Nutritional regime	% of animals	Pre-weaning daily gain (kg)		Growth rate to 540 days (kg)	
		Males	Females	Males	Females
Natural range	63	0.793	0.751	0.534	0.434
Natural range + Improved pasture	24	0.894	0.822	0.649	0.514
Improved pasture	7	1.153	0.986	0.790	0.751
Ration	6	1.223	1.051	1.005	0.789

Annual phenotypic change has been estimated to be 1.3-8.8 kg for adjusted weaning weight, and 3.2-5.3 kg for 18-month body weight.

THE KIYU CENTRAL TESTING STATION

So far, 2,330 selected bulls from 91 performance tested pedigree herds have been evaluated. This evaluation is based on the measurement of some production traits under controlled

grazing and management conditions.

Bulls are admitted into the station on the basis of rules that include the national average for pre-weaning daily growth rate, maternal ability, and season of birth. Additional rules relate to pre-test postweaning growth rate, conformation and health requirements.

The test lasts, on average, 228 days with a between-year range from 203 to 266 days. While in the test station bulls have been managed under an advanced grazing system.

Permanent improved pastures represent 20 to 40% of the 283 ha of the test station; the main species have been Lotus and fescue, and white clover, red clover and Cychorium have been used as well. Annual crops accounted for between 11 to 32% of the area, consisting mainly of oats, sorghum (for forage) and, to a lesser extent, rye grass and wheat (for forage).

Average and ranges for the main traits evaluated in the Kiyú Central Testing Station are given in Table 2.

TABLE 2. Averages and ranges for the main growth traits in 2,330 bulls participating in 15 tests in the Kiyú Station.

Trait	Average	Annual range		Individual range	
		From	To	From	To
Prewaning daily gain(kg)	0.917	0.844	0.981	0.593	1.614
Index at weaning (%)	115	112	117	100	146
Gain from weaning to beginning of test (kg)	0.520	0.196	0.774	-0.615	1.361
Gain during test (kg)	0.825	0.673	0.902	0.117	1.219
18-month body weight (kg)	479	416	520	301	625
Body weight at sale (kg)	598	535	661	410	812

The most important variable in this type of evaluation is the body weight gain during the test, which is estimated by regression. In 13 of the 15 tests considered, a positive relationship ($P < .01$) was observed between gain during test and body weight at 18 months of age. In 3 tests, a negative relationship ($P < .01$) was found between pre-weaning average daily gain, and gain during test. In addition, the

correlation between gain from weaning to entry into the station and gain during test was negative ($P < .01$) in 8 of the tests; in these, the coefficient of correlation varied between -0.41 and -0.21.

About 65% of the bulls admitted participated in the sales, ranging among years from 57 to 71%. A 9.7% of the admitted bulls were eliminated due to rejection (5.3%), death (2.3%) and infertility (2.1%).

Eighty two percent of the rejections was due to inadequate conformation, or to lesions in the legs or reproductive tract. Testicular problems, vesiculitis or low semen quality accounted for 77% of the rejections due to infertility.

Annual phenotypic trends were estimated to be: 0.009 kg for weight for day of age; 3.9 kg for body weight at 18 months of age; 8.4 kg for body weight at sale, and 7 mm for height at the hips.

NATIONAL PROGRAMS OF GENETIC EVALUATION BASED ON REFERENCE SIRES

Jorge Urioste*

INTRODUCTION

Beef production in Uruguay is of paramount economic importance. Genetic improvement by selection, jointly with nutrition, management and herd health, constitutes one of its basic supports. This factor, in spite of its relative slowness, results in a permanent and cumulative gain in production over time. This is the reason why genetic improvement can have a high economic impact.

A genetic improvement program offers other advantages as well: the usage of national and imported semen can be made more rational, national genetic resources can be organized and promoted, employment and economic development can be enhanced, and animal production can become more competitive at a regional scale.

The objective of this paper is to describe the main features of a national system of genetic evaluation relying on the concept of "reference sires". This is based on a limited national experience and an abundant international literature on the subject matter. The system is placed in the context of a broad framework for genetic improvement, its background is given and its advantages, limitations and possibilities are discussed.

GENERAL CONSIDERATIONS ABOUT GENETIC IMPROVEMENT

Genetic evaluation systems must be placed in a broader context in which the evaluation is only a part of genetic improvement. Some information is needed to optimize such system. Following Danell (1980), the steps needed to organize scientifically a genetic improvement program are as follows: 1) definition of selection objectives, 2) analysis of population structure and parameter estimation, 3) development of selection criteria, 4) design and optimization of selection schemes, 5) practical application of the scheme chosen, and 6) assessment of the genetic change attained. The design of an evaluation and selection scheme, and its implementation, proceed after choosing the traits to be measured and improved, and after measuring the degree of variability and its causes.

A BRIEF HISTORY OF GENETIC EVALUATION SYSTEMS IN BEEF CATTLE

Genetic improvement of beef cattle populations has a long history in Uruguay. The introduction of

British breeds (Hereford, Aberdeen Angus and Shorthorn), with subsequent selection based on visual appraisal, was a milestone. Another development of special importance was the beginning of on-the-farm performance testing for growth traits, followed by central testing stations.

Information from countries with pastoral systems of production similar to ours (Dalton and Morris, 1978; Mc Clintock et al., 1981) has suggested important shortcomings of central tests. These are related to the difficulty of eliminating the effect of pre-test environment, and to possible differences between the conditions in which the test is carried out, and those where the progeny of the bulls so evaluated is raised. The studies mentioned above suggest other forms of evaluation based on progeny tests in each of the studs or herds, connected through the use of sires in common, known as "reference sires".

The analytical problems, specially those of a statistical nature, arising in these evaluations can be solved using the "mixed model methodology" described by Henderson (1973). These techniques permit obtaining a statistical connection between different herds, make more efficient use of the information and lead to a better ranking of candidates for selection. This methodology is widely applied in countries having advanced beef

production systems such as Australia and the U.S.A..

A particular case of these methods is the "animal model" (Quaas and Pollak, 1980) in which it is possible to carry out a joint evaluation of all animals of both sexes, of its ancestors and of its progeny. In Uruguay, evaluation schemes based on this principles have been presented by González (1983), and by Aguirrezabala and Urioste (1988).

SYSTEMS BASED ON REFERENCE SIRES

A national program of genetic evaluation must be based on a system that enables comparisons of breeding values of animals between and within herds. This can be made by connecting herds through "reference sires"; by means of artificial insemination, these produce progeny in many of the participating herds. Because the averages breeding value of progeny of the "reference sires" is expected to be the same in different herds, any discrepancy should be attributable to environmental differences among herds. Breeding values of all sires in all herds can then be expressed relative to those of the reference sires; this is what permits a comparison between all sires. The same principles apply to comparisons between cows and calves.

In order to obtain a comprehensive evaluation and to maximize its usefulness, the "reference sires" schemes must rely on a data collection system that considers the most critical aspects of the production cycle of beef animals. The quality of the information provided by the breeders is also important. An effective production recording system must also consider the following aspects: a) unique and

permanent identification of all animals and of its ancestors, b) recording of body weights at different ages (at birth, at weaning, etc.), and c) breeding and calving records of females. Also, a minimum number of progeny per sire must be established and, within herds, animals must be raised under similar environmental conditions, avoiding preferential treatments.

Information collected in forms is returned to breeders and at different levels of processing. This can range from simple averages and body weights corrected for different systematic environmental effects, to estimated breeding values and genetic trends for the traits subject to selection.

These principles are being applied in a system of genetic evaluation of Aberdeen Angus developed by the College of Agriculture in Uruguay. The statistical models to be entertained are still under discussion but it is doubtful that these will differ from those used in other countries. In beef cattle, it is important to consider maternal effects in such models.

This system of evaluation has a number of advantages over those applied traditionally in Uruguay: 1) the number of candidates for selection evaluated objectively can be much higher, which enhances the scope for selection; 2) it is possible to use information about all relatives, thus increasing the accuracy of all evaluations; 3) one can evaluate all animals jointly, including those yet to be born; 4) non-random matings, and the effects of selection and inbreeding can be taken into account; 5) it is feasible to produce a unique ranking of animals on the basis of their estimated breeding values; 6) genetic trends can be estimated in each herd, and studies at the

population level can be carried out; 7) animals are evaluated in the environment in which they produce, and 8) traits related to reproduction and maternal ability can be considered jointly as well.

However, there are several limitations: 1) a good scientific team and access to a reasonably large data processing facility are needed; 2) preferential treatment to certain animals cannot be accounted for, although its effects can be diluted in the population as a whole; 3) creating genetic connections among herds requires an artificial insemination system in function, and 4) producers must have access to a good extension service so that the information obtained can be used effectively.

CONCLUSION

National programs of genetic improvement are important to Uruguay. From the breeder's perspective, having access to the best possible methodology enhances the possibility of competing effectively (Willham, 1988), which today is of crucial importance in view of the regional situation. Although the technical advantages are clear, there are several challenges that must be addressed: problems should be studied scientifically, solutions ought to be creative and appropriate to Uruguayan conditions and, finally, it is important to develop organizational skills that consider the many tasks that need to be undertaken.

REFERENCES

- Aguirrezabala, M.; Urioste, J. (1988). ¿Es posible una mayor efi-

ciencia en la evaluación genética de toros de carne? Anuario Sociedad Criadores Aberdeen Angus del Uruguay. Agosto 1988, 44-49.

Dalton, D.C.; 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, O. (1980). Studies concerning selection objectives in animal breeding. Report 42. Department of Animal Breeding and Genetics. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.

González, G.E. (1983). Mejoramiento genético en bovinos de carne. Congreso Nacional de Ingeniería Agronómica, Setiembre 1983, 14-16. Montevideo, Uruguay.

Henderson, C.R. (1973). Sire evaluation and genetic trends. Proc. Symp. in Honor of Dr. J.L. Lush, American Society of Animal Science and American Dairy Science Association, 10-41. Champaign, Illinois, U.S.A.

Mc Clintock, A.E., Hammond, K; Freer, R.E. (1981). Central performance test stations for the Australian beef industry. Report to

the Angus Society of Australia. Animal Genetics and Breeding Unit, Armidale, Australia.

Quaas, R.L.; Pollak, E.J. (1980). Mixed model methodology for farm and ranch beef cattle testing programs. *Journal of Animal Science* 51, 1277-1287.

Willham, R.L. (1988). Selection objectives and programs applied to beef breeds in order to improve efficiency: North American example. Proceedings of the 3rd. World Congress on Sheep and Beef Cattle Breeding 2, 261-273. Paris, France.

THEORETICAL ASPECTS OF CROSSBREEDING

Diego Gimeno*

INTRODUCTION

Genetic improvement of animals is based on the utilization of the variability existing in a population. This can be divided into two sources: within and among breeds. These are genetically closed groups that are maintained separately. Differences among breeds can be due to: random genetic drift in small populations that are isolated by geographic, biological and managerial barriers; to the forces of natural selection, with different intensities for different traits.

Alternative methods for using these sources of variation in a commercial production system (Koch et al.; 1989) are: 1) selection within a breed followed by absorption of commercial herds by the superior breeds; 2) crossbreeding schemes that exploit heterosis and optimize traits of economic importance, and 3) development of "new" breeds (composites) with a mixture of desirable features, which can be accomplished by crossbreeding followed by "inter se" mating and selection.

The effectiveness of these methods depends on several factors (Dickerson, 1969): 1) reproductive rate of the species. 2) Degree of individual, maternal and paternal heterosis, and possible loss of epistatic superiority due to recombination. 3) Additive genetic differences (individual, maternal and paternal) among breeds, and 4) a possible interaction between genetic components and management or

market conditions.

In the design of crossbreeding schemes or in the development of composite breeds, heterosis, additive differences and complementarity must be considered. In order to develop more effective genetic improvement programs, it is important to understand the genetic basis of these concepts.

HETEROSIS

Heterosis can occur when individuals of different breeds are mated. This concept refers to the increase in production of crossbred animals over and above that of parental breeds (Shull, 1948). This author suggested the word heterosis instead of heterozygosity to make the concept free of any underlying genetic assumption.

Three types of heterosis can be distinguished in beef cattle production (Sheridan, 1981): 1) individual heterosis, or the increase in production of crossbreds (including reciprocal crosses) over purebreds that cannot be ascribed to paternal, maternal or sex-linked effects. 2) Maternal heterosis, or increase in production of crossbred dams over purebred dams, and 3) paternal heterosis, which measures the advantage of using crossbred versus purebred sires, in progeny performance.

Knowledge of the genetic basis of heterosis is essential for the design of crossing schemes or for developing composite breeds. The non additive

components involved depend on the existence of intra-locus (dominance) and inter-locus (epistasis) interactions.

In the theory of dominance (Falconer, 1981) heterosis is attributed to differences in gene frequencies between the populations crossed, and to dominance effects. In this theory, a linear relationship between heterosis and degree of heterozygosity holds, which allows predicting the level of heterosis in different crossbreeding schemes. Heterosis would be maximum in an F_1 because heterozygosity is also maximum. Several authors have validated this model (Mc Gloughlin, 1980; Gregory and Cundiff, 1980).

However, Sheridan (1981) discussed several experiments in which the dominance model did not fit well to the data. Epistasis could be responsible for this. Dickerson (1969) defined the concept of recombination loss, which measures deviations in heterosis from expectations based on degree of heterozygosity. Kinghorn (1980) gave an extension of this concept.

Barlow (1981) reviewed the possible importance of a dependence between heterosis and the environment; heterosis seems to be higher at poor environmental conditions.

ADDITIVE DIFFERENCES BETWEEN BREEDS

The average performance of crossbred animals also depends on

genetic differences between breeds. These can be due to differences in additive value of direct genetic, maternal genetic and paternal effects. To estimate these effects is necessary to have sires and dams from each of the purebreds and crossbreds; hence, a large number of breeding animals from exotic breeds may be needed for appropriate evaluation. This is the reason why many experiments include a low number of breeds (Koch et al., 1989).

Top-crossing sires from different breeds to native cows is a useful technique to evaluate a large number of breeds. Studies carried out at Clay Center (Nebraska, U.S.A.) have revealed that there is a large variation among and between breeds for traits of economic importance (Koch et al., 1989).

Cartwright (1974) defined complementarity, a concept referring to the way in which two traits "combine" or "complement" each other. For example, crossing schemes that employ terminal sire breeds and

cows of small or medium size with good maternal ability and low maintenance requirements exploit complementarity.

REFERENCES

- Barlow, R. (1981). Experimental evidence for interaction between heterosis and environment. *Animal Breeding Abstracts* 49, 715-737.
- Cartwright, T.C. (1974). Net effects of genetic variability on beef production systems. *Genetics* 78, 541-561.
- Dickerson, G.E. (1969). Experimental approaches in utilizing breed resources. *Animal Breeding Abstracts* 77, 191-210.
- Falconer, D.S. (1981). Introduction to quantitative genetics. Second Edition. Longmans, New York. 335 pp.
- Gregory, K.E.; Cundiff, L.V. (1980). Crossbreeding in beef cattle: evaluation of systems. *Journal of Animal Science* 40, 421-432.
- Kinghorn, B.P. (1980). The expression of "recombination loss" in quantitative traits. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 97, 138-143.
- Koch, R.; Cundiff, L.V.; Gregory, K. (1989). Beef cattle bred utilization. *Revista Brasileira de Genética* 12, 55-80.
- Mc Gloughlin (1980). The relationship between heterozygosity and heterosis in reproductive traits in mice. *Animal Production* 30, 69-77.
- Sheridan, A.R. (1981). Crossbreeding and heterosis. *Animal Breeding Abstracts* 41, 131-144.
- Shull, G.H. (1948). What is heterosis? *Genetics* 33, 439-446.

CROSSBREEDING EXPERIMENTS IN URUGUAY

Juan C. Scarsi*

INTRODUCTION

A summary of crossbreeding trials with cattle undertaken during the 60's and early 70's is presented. These were carried out at "La Estanzuela" (INIA, Colonia), and at the Salto Experiment Station (College of Agriculture).

The experiments were conducted in order to evaluate, under grazing conditions, traits of major economic importance related to reproductive efficiency, pre and post-weaning growth, body weight and age at slaughter, and carcass characteristics in several types of cattle. These comprised purebred animals of British breeds, crosses between these and continental European breeds, including Holstein-Friesian as well.

RESULTS

Calving difficulty and calf survival

Parity, age of dam at calving, calf body weight and calf size have been shown to affect the frequency of calving difficulty (dystocia) and calf survival during the first 36 hours of life.

At "La Estanzuela" (Scarsi et al., 1971), dystocia was 10% when 2-year old heifers were bred by Hereford bulls, but 30% when these cows were mated to Limousin sires. Dystocia was 17% when Shorthorn cows were bred to Limousin bulls. Calving difficulty was unimportant

in parturitions involving purebred matings of Shorthorn and Aberdeen Angus, or when Angus cows were mated to Limousin bulls.

A study of 321 calvings in 169 Hereford and 152 Holstein-Friesian heifers mated to Hereford, Holstein-Friesian, Charolais, Fleckvieh-Simmental and Brown Swiss was carried out in Salto in 1972 (Camera et al., 1973); on average, dystocia was 19%.

The effect of breed of sire (Charolais vs. Fleckvieh) was greater than the effect of breed of dam (Hereford vs. Holstein-Friesian), for which there were no differences (Madalena, 1973). Dystocia was correlated positively with birth weight and with a measure of calf size, and negatively correlated with body weight of the cow at calving, and with her pelvic opening.

Calves born with difficulty had worse survival during the first 36 hours of life. In a publication of "La Estanzuela" (Scarsi et al., 1973), it was reported that calves produced by Hereford x Limousin cows had a greater survival (100%) than those out of Hereford females (95-98%). When Charolais bulls were used to breed these cows, calf survival was lowered to 89 and 88%, respectively.

Birth weight

At "La Estanzuela" (Scarsi et al., 1969, 1973), birth weight of crossbred calves was 11% ($P < 0.01$) heavier than those of purebreds. A similar picture was found in the trial

conducted in Salto, and in cooperating herds. Birth weight varied among the breeds of cows studied, including crossbred females. These produced calves that were 11% heavier than those out of purebred dams (36 vs 33 kg). When bulls of a third breed were employed to mate crossbred cows, calves were also about 11% heavier than when used to produce backcross calves.

Weaning weight

The analysis of weaning weight of calves raised in "La Estanzuela" (Scarsi et al., 1969, 1973) showed that the most important source of variation was dam breed followed, in descending degree of importance, by year of birth, age of dam at calving, sex of calf and sire breed. On a sample of 856 calves, 210-day weaning weight was 192 kg for calves out of Hereford x Limousin cows, and 171 kg for those produced by Hereford females. Average weaning weight by sire breed was: Hereford (171 kg), Limousin (177 kg), Charolais (189 kg) and Holstein-Friesian (189 kg).

In data from two years in three cooperating herds (Scarsi and Méndez, 1974) it was found that sire breed affected significantly ($P < 0.01$) weaning weight. Progeny of Charolais sires were 27 kg heavier than calves from Hereford bulls. There was evidence of an effect of dam breed on weaning weight; calves from Holstein x Hereford cows were between 26 kg and 37 kg heavier

* Ing. Agr., M.Sc., Ph.D., Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, INIA - Montevideo, Andes 1365 P.12, C.P. 11100, Montevideo, Uruguay.

than those produced by purebred Hereford females.

Post-weaning performance

Madalena (1973) reported that body weight of calves out of Hereford dams and sired by bulls of the Charolais, Marchigiana and Chiana breeds were 11% heavier at weaning, and 16% at 15 month of age than control calves. Body weight loss of crossbred animals during the winter (June 1-September 5) were 2% for Charolais, 4% for Chiana, 7% for Marchigiana, and also 7% for purebred Hereford.

Scarsi et al. (1973) found that breed of dam was more important than breed of sire as a source of variation of body weight until about 12 months of age. On the other hand, sire breed was more important for average daily gain between weaning and 12 months of age, for body weight at 15 and 18 months of age, and for age at slaughter at constant weight.

Scarsi et al. (1969, 1971) reported that Limousin bulls in crosses with Hereford, Shorthorn and Aberdeen Angus cows reduced age at slaughter by 48, 118 and 84 days, respectively. The percentage of lean in the meat increased 5% and the average rib-eye area (ribs 10 and 11) increased 10 cm² in Hereford crosses, 15 cm² in Shorthorn crosses, and 12 cm² in Angus crosses, as a result of using Limousin.

Vaz Martins et al. (1973) gave data on 187 steers slaughtered at 488 kg and at an average age of 25 months. Average daily gain between birth and slaughter was 551, 570, 612 and 636 grams/day for purebred Hereford, Limousin crosses, Charolais crosses and Holstein crosses, respectively. The percent of lean in crossbred steers was 4-11% higher than in crossbred animals,

whereas fat percent was 5-11% lower.

Reproductive performance

Data are given on productive and sexual development of purebred and crossbred calves, and the possibility of using crossbred heifers in crossbreeding schemes is discussed (Pittaluga et al., 1973; Méndez, 1991).

CONCLUSIONS

1. Growth was increased significantly by using bulls of continental European breeds (rather than bulls of British breeds) mated to females of British breeds.
2. With this increased growth, slaughter weight was reached at a younger age, and carcasses were leaner.
3. Reproductive efficiency can be increased via use of crossbred females, and these produce calves that are heavier at weaning than purebred dams; this is highly desirable in production systems oriented towards the sale of suckling calves.
4. The effect of breed of sire is evident from birth onwards, but it becomes stronger in the post-weaning phase.
5. Because of calving difficulty in heifers, it is not recommended to use this age group in crossbreeding schemes.

REFERENCES

Cámara, L.; Acosta, A.; Rodríguez, J.B.; Madalena, F.E. (1973). Partos distócicos en vaquillonas Hereford

y Holando servidas por toros de cinco razas. Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni", Paysandú, Mimeo.

Madalena, F.E. (1973). Crecimiento comparativo de terneros Hereford y cruza Marchigiana, Chiana y Charolais x Hereford. Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni", Paysandú, Mimeo.

Méndez, J. (1991). Estimación de producción de leche en vacas Hereford, Limousin y cruza Hereford x Limousin, Hereford x Charolais y Hereford x Holando. Comunicación personal.

Pittaluga, O.; Valledor, F.; Scarsi, J.C. (1973). Aparición de pubertad en terneros provenientes de cruza-mientos en toros Hereford, Limousin, Charolais y Holando sobre vacas Hereford, y de toros Hereford y Limousin sobre vacas Hereford x Limousin. Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger", "La Estanzuela". Mimeo.

Scarsi, J.C.; Geymonat, D.; Granro, T.; De Alba, J. (1969). Cruces entre razas británicas y Limousin para producción de carne. Memorias de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal, 70-91.

Scarsi, J.C.; De Alba, J.; Vaz Martins, D. (1971). Cruces entre razas británicas y Limousin para produc-

ción de carne: evaluación de canales y calidad de carne. Memorias de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal, 183 (Abstract).

Scarsi, J.C.; De Alba, J.; Vaz Martins, D.; Geymonat, D. (1971). Distocia y longitud de gestación de cruces de toros Limousin sobre vacas de razas británicas. Memorias de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal 6, 53-63.

Scarsi, J.C.; Pittaluga, O.; Valledor, F.; Vaz Martins, D. (1973). Efecto del cruzamiento de toros Limousin, Charolais y Holando sobre vacas Hereford. I.

Comportamiento reproductivo. Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger", "La Estanzuela". Mimeo.

Scarsi, J.C.; Méndez J.; Pittaluga, O. (1973). Efecto del Cruzamiento de toros Limousin, Charolais y Holando sobre vacas Hereford. II. Crecimiento predestete. Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger", "La Estanzuela". Mimeo.

Scarsi, J.C.; Méndez J.; Vaz Martins, D. (1973). Efecto del Cruzamiento de toros Limousin, Charolais y Holando sobre vacas Hereford. III. Comporta-

miento postdestete. Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger", "La Estanzuela". Mimeo.

Scarsi, J.C.; Méndez J. (1974). Cruzamientos con Charolais bajo condiciones comerciales. "La Propaganda Rural" 1248, 18-26.

Vaz Martins, D.; Rozza, S.; Scarsi, J.C. (1973). Efecto del cruzamiento de toros Limousin, Charolais y Holando sobre vacas Hereford. IV. Calidad y composición de la res. Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger", "La Estanzuela". Mimeo.

SITUATION AND UTILIZATION OF CROSSBREEDING IN URUGUAY

Oscar Pittaluga*

INTRODUCTION

Crossbreeding in beef cattle production is not common in Uruguay. Except in some special cases, the main objective of producing crossbred cattle has been to increase the body weight of the animals.

EARLY EXPERIENCE

The results of early crossbreeding work beginning in the 60's and carried out in the "La Estanzuela" Experiment Station, assessed the effects of utilizing continental European and dairy breeds on growth, reproduction and maternal ability.

Part of this information was used to develop a crossbreeding program involving Hereford, Holstein-Friesian and Limousin, which was evaluated in the "Glencoe" Experiment Station, located in the

"Basalto" region of Uruguay. These crossbreeding programs have not been adopted widely.

THE INTRODUCTION OF ZEBU CATTLE IN THE NORTH OF THE COUNTRY

In the 70's, crossbreeding systems for sandy soils in the North of Uruguay, and involving *Bos indicus*, began to be evaluated. The use of Zebu permitted to attain a higher level of initial heterosis than in the early experiments, and a better adaptation to the environment.

In the first stages of the evaluation, emphasis was on growth and carcass composition. It was found that F_1 Brahman x Hereford steers using the same forage basis as purebred Hereford ones had a liveweight advantage of about 100 kg at 3.5 years of age, and had a higher dressing percentage. Additional evaluations centered on

reproductive performance (little differences between crossbred and purebreds) and maternal ability (marked differences). These studies were based on F_1 animals, progeny of Zebu bulls.

In the region, crossbreeding using Zebu blood was based primarily on bulls that were $3/4$ and $7/8$ *Bos indicus*, stemming from an absorption program. Later, an alternate crossbreeding scheme employing these types of bulls was studied.

The results are being analyzed in the light of the possibility of matching the requirements of the different breed types to the pattern of forage production; this is being carried out for the cow-calf, growth and fattening stages of the production cycle.

The utilization of biological differences among the breed groups that enter into the alternate crossbreeding scheme, and a better management of the different age groups would permit a more efficient use of the forage basis, with a concomitant increase in productivity.

PRINCIPLES AND STRATEGIES FOR GENETIC IMPROVEMENT OF SHEEP

Gonzalo González*

OBJECTIVES AND SELECTION CRITERIA

The success of a genetic improvement program depends on the definition of breeding objectives and of selection criteria; the topic has been dealt with extensively by Ponzoni (1982). In essence, this is the definition of aggregate genotype and of the appropriate selection index (Hazel, 1943), which represent a well established theoretical development. Smith et al. (1986) solved the problem of assigning relative economic weights to each trait included in the breeding objective. These authors concluded that if all costs are viewed as variable (including profit), and if a change in the dimension of the livestock enterprise is precluded (which could alter economic gain by non-genetic means), then the weights are independent of the type of entrepreneur (farm, investor or industrialist) provided that the method of calculation is based on profit equations. On the other hand, the coefficients obtained through using these equations are equivalent to those computed through economic efficiency ratios. In spite of these contributions, problems remain.

Ponzoni (1982), Atkins (1987) and Piper (1990) pointed out the void existing about estimates of variances and covariances involving feed consumption under grazing, and about its changes as a result of genetic

modifications of the traits included in the breeding objective. Changes in consumption would be associated with modifications in growth, size and reproductive efficiency of animals, but not with changes in wool production. This assumption may be weak (Ponzoni, 1982), although studies showed correlations near to one between breeding objectives with and without consumption included.

Selection indexes have been moderately sensitive to changes in genetic parameters (Ponzoni, 1982; Cardellino and Ponzoni, 1985). At the same time, there are parameters whose values are not well known, specially genetic correlations; for example, between clean fleece weight and reproduction rate (Ponzoni, 1982). This suggests possible potential contributions of REML (restricted maximum likelihood) and of the animal model. The imperfect correlation between repeated measures on an animal (Atkins, 1987, 1990) suggests the need to consider these as different traits in breeding objectives. Cardellino and Ponzoni (1985) have made a valuable contribution to sheep breeding objectives in Uruguay.

EVALUATION METHODS

Once breeding objectives and selection criteria are defined, it is

essential to have an adequate system of performance recording so as to permit the evaluation of animals. The strategies of evaluation should consider wool, body growth and reproductive efficiency as contributors to income in the production system (Ponzoni, 1982; Atkins, 1987). If selection of hoggets is based on greasy fleece weight (GFW) and fiber diameter (D), then economic merit is 19% larger than when based on GFW only. If clean fleece weight (CFW) and D are used, merit increases by a further 12% (Atkins, 1987). This is in agreement with the indexes suggested by Cardellino and Ponzoni (1985) for Uruguay.

In view of the importance of wool in Uruguay, there should be a larger number of flocks in which scouring yield (Y) and D are measured. Because visual appraisal is less efficient in selection (Lewer and MacLeod, 1990), a way to lower the cost of estimating CFW, Y and D could be multiple-stage selection (Atkins, 1987), which is being practiced in Australia (Casey, 1990). If only a 20% of the rams selected for GFW are tested or 10% of those selected for GFW and D are tested, the loss in monetary response is only 3%.

A second stage would consider CFW and D in females, and because of the low selection differential, it would be appropriate to select them for GFW (Atkins, 1987; Turner and Young, 1969). The optimum

structure defined by Jackson and Turner (1972), including two age-classes of rams can be modified (from 50-50 to 68-16-16%), maintaining the same generation interval for rams. This would permit a second evaluation of rams for CFW and D, with an economic gain of 11, 16 or 24% if rams are evaluated as hoggests on the basis of CFW and D, GFW and D, or GFW, respectively (Atkins, 1987). This, in turn, would permit addressing two problems: the different genetic correlation between fleece weight at different ages (Atkins, 1990), and the correlation between genotype and phenotype when measurements are made in sub-optimal conditions with less than 12-month wool growth period (Atkins, 1987). This author suggests that including growth traits in Merino and related breeds would be compensated by lesser gains in wool production. However, as in selection for reproductive efficiency, this can be profitable from the production system perspective. Both traits are strongly related to forage consumption, which is difficult to estimate (Ponzoni, 1982; Atkins, 1987; Piper, 1990) so compromises are needed.

From a national perspective, improvement strategies should include different options according to the level of performance recording in flocks: intermittent recording, mass selection and collective use of rams. Selection would be mainly on an intra-population basis, using the criteria mentioned previously. Inter-flock variation can be utilized via use of reference flocks (Roberts et al., 1987). This would be the case for most flocks consisting of graded animals.

CONTRIBUTION OF NEW TECHNOLOGY

The development of artificial insemination with frozen semen and

that of BLUP (best linear unbiased prediction; Henderson, 1973) make possible to think about reference rams schemes, so as to accumulate selection pressure between and within flocks (Lewer, 1987). Random mating will need to be practiced depending on whether or not information is available on females. In all cases, other sources of bias must be avoided; this can be accomplished through uniform management of progeny groups, and precluding cullings prior to performance recording (Ponzoni, 1990).

If good performance records and pedigree information are available, which is still a distant possibility, the following can be expected in most studs in Uruguay: 1) an improvement in within-flock selection efficiency, although with little additional gains over and above a system based on objective recording plus selection on individual performance (Atkins, 1987). 2) Incorporation of inter-flock variation, provided that a system of reference rams can be developed. 3) More precise and unbiased estimates of genetic parameters (by REML) including the covariance matrix between wool, body growth, and reproductive efficiency, and correlations that may differ from one for repeated measures on the same individual. 4) Estimates of genetic trend, which is essential knowledge in any breeding plan (James, 1987).

ADDITIONAL POSSIBILITIES

In the future, new possibilities will emerge from a better knowledge of possible genotype x environment interactions. This will help to direct selection programs, by using the best genotypes (breeds, lines, crosses,

sires, etc.) in the environments in which they have most potential. Also, this will enhance methodological developments. Studies on heterosis can yield good dividends (Kingham and Atkins, 1987; Purvis, 1990), specially in Uruguay where an important portion of the national flock is defined as "crossbred", and where a trend towards "Merinization" exists.

A better knowledge of the Major Histocompatibility Complex, and the evidence of genetic resistance to parasites (Skerman, 1985; Piper, 1987; Gray et al., 1987; Windon et al., 1987) may lead to new possible selection strategies. Incorporating resistance to diseases into selection indexes will not be easy (Atkins, 1987). Advances in genetic engineering, in analysis with RFLPs (restriction fragment length polymorphisms) and in gene mapping give room for optimism, although success will depend on the ability to find genes affecting product yield significantly. All this is difficult, and the time lag between basic discovery and its impact on production can be as large as 35 to 40 years (Franklin, 1987).

CONCLUSIONS

Genetic improvement can make important contributions to sheep production in Uruguay. Most gain will accrue from a definition of objectives that are common to breeders and commercial producers, and from the adoption of selection criteria that are objective and that can be quantified. If adequate production recording and pedigree information systems are developed present technology can capture most benefits. However, even if all this becomes a reality, additional

scientific and technological change is always possible. Fortunately, most necessary changes can be implemented with technology and human resources that are already available in Uruguay.

REFERENCES

- Atkins, K.D. (1987). Potential responses to selection in Merino sheep given current industry structure and selection practice. In: Merino Improvement Programs in Australia. Proceedings of a National Symposium pp.299-312. Leura NSW, Australia.
- Atkins, K.D. (1990). Incorporating parameters for lifetime productivity into breeding objectives for sheep. Proceedings of the 4th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production XIII, 17-26. Edinburgh.
- Cardellino, R.C.; Ponzone, R.W. (1985). Definición de los objetivos de mejoramiento genético e índices de selección. II Seminario Técnico de Producción Ovina. Secretariado Uruguayo de la Lana. pp 22-88. Salto, Uruguay.
- Casey, A.E. (1990). The ability of N.S.W. merino ram breeders to utilize an efficient two-stage sire selection strategy. *Wool Technology and Sheep Breeding* 2, 61-64.
- Franklin, I. (1990). Gene transfer for the Australian sheep industry In: Merino Improvement Programs in Australia. Proceedings of a National Symposium pp. 495-509. Leura NSW, Australia.
- Gray, G.D.; Presson, B.L.; Albers, G.A.A.; Le Jambre, L.F.; Piper, L.R.; Barker, J.S. (1987). Comparison of within and between-breed variation in resistance to haemonchosis in sheep. In: Merino Improvement Programs in Australia. Proceedings of a National Symposium pp. 365-369. Leura NSW, Australia.
- Hazel, L.N. (1943). The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics* 28, 476-490.
- Henderson, C.R. (1973). Sire evaluation and genetic trends. Proc. Symp. in Honor of Dr. J.L. Lush, American Society of Animal Science and American Dairy Science Association, 10-41. Champaign, Illinois, U.S.A.
- Jackson, N.; Turner, H.H. (1972). Optimal structure for a cooperative Nucleus Breeding System. Proc. Aust. Soc. Anim. Prod. 9, 55-67.
- James, J.W. (1987). Methods of estimating genetic change. In: Merino Improvement Programs in Australia. Proceedings of a National Symposium pp. 147-156. Leura NSW, Australia.
- Kinghorn, B.P., Atkins, K.D. (1987). Heterosis in crosses between Merino strains and bloodlines and its exploitation. In: Merino Improvement Programs in Australia. Proceedings of a National Symposium pp. 389-407. Leura NSW, Australia.
- Lewer, R.P. (1987). Progress in establishing an Australian Merino sire referencing scheme. In: Merino Improvement Programs in Australia. Proceedings of a National Symposium pp. 413-420. Leura NSW, Australia.
- Lewer, R.P.; MacLeod, I.M. (1990). One and two-stage selection indexes for Australian Merino Sheep, incorporating visual selection criteria. Proceedings of the 4th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production XIII, 17-26. Edinburgh.
- Outteridge, P.M.; Windon, R.G.; Dineen, J.K.; Stewart, D.J.; Skerman, T.M. (1987). Breeding for parasite and footrot resistance in sheep using ovine lymphocyte antigen (OLA) markers. In: Merino Improvement Programs in Australia. Proceedings of a National Symposium pp. 377-379. Leura NSW, Australia.
- Piper, R.L. (1987). Genetic variation in resistance to internal parasites. In: Merino Improvement Programs in Australia. Proceedings of a National Symposium pp. 351-363. Leura NSW, Australia.
- Piper, L.R. (1990). Sheep breeding: progress and prospects. Proceedings of the 4th World Congress on Gene-

tics Applied to Livestock Production. XIII, 3-6. Edinburgh.

- Ponzoni, R.W. (1982). Breeding objectives in sheep improvement programs. Proceedings of the Second World Congress on Genetics Applied to Livestock Production V, 619-634. Madrid.
- Ponzoni, R.W. (1990). Woolplan Sire Summaries. Wool Technology and Sheep Breeding 2, 56-59.
- Purvis, I. (1990). Heterosis between strains of Australian stud Merino sheep. Proceedings of the 4th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production XIII, 220-223. Edinburgh.
- Roberts, E.M.; Mc Cully, R.; Morrison, A.; Butt, J.;

Coy, J.; Lane, G. (1987). Exploiting between-flock variation in Merinos by the use of the National Merino Reference Flock. In: Merino Improvement Programs in Australia. Proceedings of a National Symposium pp. 383-387. Leura NSW, Australia.

- Skerman, T.M. (1985). Genetic variation and inheritance of susceptibility to footrot in sheep. In: Footrot in ruminants. Proceedings of a Workshop. CSIRO. Melbourne.
- Smith, C.; James, J.W.; Brascamp, C.W. (1986). On the derivation of economic weights in livestock improvement. Animal Production 43, 545-551.
- Turner, H.N.; Young, S.S.Y. (1969). Quantitative Genetics in

Sheep Breeding. Macmillan, Melbourne.

- Winton, R.G.; Dineen, J.K.; Wagland, B.M. (1987). Genetic control of immunological responsiveness against the intestinal trematode *Trichostrongylus colubriformis* in lambs. In: Merino Improvement Programs in Australia. Proceedings of a National Symposium pp. 371-375. Leura NSW, Australia.
- Woolaston, R.R. (1987). Genotype x environment interactions and their possible impact on breeding programs. In: Merino Improvement Programs in Australia. Proceedings of a National Symposium pp. 421-435. Leura NSW, Australia.

CONTRIBUTION OF REPRODUCTIVE TECHNOLOGY TO GENETIC IMPROVEMENT OF SHEEP

Mario Azzarini*

INTRODUCTION

Multiplying superior animals in a population is one of the cornerstones of genetic improvement. The rate of genetic progress depends, among other factors, on the reproductive rate of animals. An increase in this rate could enhance response to selection per unit of time, via a modification of some of its components such as selection intensity and generation interval.

There has been important advance in techniques for the control of reproduction in sheep. These can be employed to modify production systems, mainly by inducing changes in animal management. When applied in improvement programs, these techniques can potentially impact the speed with which genetic change occurs.

A SURVEY OF REPRODUCTIVE TECHNIQUES

The main techniques are artificial insemination (A.I.), gamete deep-freezing, multiple ovulation and embryo transfer, in vitro fertilization, embryo splitting and sexing, sperm sexing, cloning, use of genetic

markers and production of transgenic animals.

Auxiliary techniques include estrus synchronization and also puberty induction and out-of-season breeding, as means of increasing reproductive rhythm.

Some of these techniques are well known (A.I. via cervix; synchronization) and because of their relative simplicity, adoption has been wider. Others require more sophistication in order to realize a large portion of the gain expected in theory.

An important aspect is that the trait to be improved genetically can be altered by the technique applied. This would be the case with ovulation rate, or with length of breeding season.

Multiple ovulation and embryo transfer

In general, theory has overestimated the genetic change possible through application of multiple ovulation and embryo transfer. This is due to factors such as a large variation in response to superovulation, and a lower quality of embryos produced by young females.

However, endoscopy has been important in the development of techniques that permit increasing re-

productive rate in elite females. Recently, there has been progress in the recovery of embryos via cervix, which would be an important breakthrough.

Artificial insemination

The use of artificial insemination in sheep has been constrained by a lack of deep freezing techniques permitting a good level of fertility with a low number of sperm. In this decade there has been advance in the use of frozen semen through intrauterine A.I. by laparoscopy. The development of a suitable deep freezing technique for A.I. via cervix would be of great help to reduce insemination costs.

Theoretical calculations suggest that a reference ram scheme could increase genetic progress between 4 and 25% for characters of moderate heritability (such as fleece weight), and between 20-40% for traits of low heritability, e.g., number of lambs born.

Embryo manipulation

This is an area in which it is likely that there will be considerable progress in the near future. At present, it is possible to split and freeze sheep embryos, which will increase the effectiveness of multiple ovulation

* Ing. Agr., M.Sc., Departamento de Investigación de la Producción Ovina, Secretariado Uruguayo de la Lana, Jackson 1303, Montevideo 11200, Uruguay.

and embryo transfer. However, this technology is not used at the commercial level.

Cloning or reproduction from blastomeres has not been employed as well, although it is feasible (up to five identical twins have been produced from an eight-cell embryo). Production of genetically identical individuals can be improved with nuclear transplantation. Oocytes are enucleated so that blastomeres from older embryos (up to 32 cells) can be transplanted into them. Again, the technique is not available commercially.

Cloning can be used to increase precision in the identification of genetically superior animals. In vitro

fertilization can also be employed to produce a large number of embryos.

Semen and embryo sexing

These techniques probably will not have a large impact on the rate of genetic progress, but can elicit changes in the efficiency of production systems. The feasibility of commercial application of embryo sexing has been questioned because if the demand is tilted towards a particular sex, then it becomes necessary to increase ovulation rate or the efficiency of embryo collection. Perhaps, the separation of sperm carrying X or Y

chromosomes could have a wider practical impact.

CONCLUSIONS

Other techniques such as the production of transgenic animals, gene mapping and the use of genetic markers need to be refined before widespread commercial application is possible in sheep. In spite of the developments in reproductive technology, and more than 200 years after the pioneering work of Spallanzani, A.I. continues being the technique that can make the most important immediate contribution to sheep genetic improvement.

SHEEP IMPROVEMENT PROGRAMS IN URUGUAY

Roberto C. Cardellino*

INTRODUCTION

An efficient sheep improvement program should lead to a yearly increase in the average breeding value of rams utilized in commercial flocks.

In Uruguay there are about 1,015 breeding flocks (pedigree and improved grade) that represent a 4% of the total number of breeding ewes in the country; these flocks produce most replacement rams needed for the 30,000 commercial flocks.

As in any hierarchical breeding system, genetic progress in the national flock depends on the progress realized at the level of the stud flocks. Hence, it is important that selection objectives at this level of coincide with those of the commercial flocks.

BACKGROUND

After a long period of alternate crossbreeding schemes in Uruguay, the Sheep Improvement Commission was created in 1935. Its main mandate was to develop strategies aimed to guide sheep production: early steps involved grading up towards Corriedale and Polwarth. A system for identification of superior animals (simple and double tattoo) based on visual appraisal was established. A distinction was made between three different types of flocks: pedigree,

grade doble tattoo and grade single tattoo; however, there is a dependence between the three tiers, with the pedigree flocks at the top of the structure.

This system, still under operation, was successful in the sense that it provided effective guidelines to producers. It also resulted in increased production probably due to a large genetic variation for traits that were easy to screen visually, and to elimination of obvious faults in the animals.

The methods employed were adequate to permit an effective improvement for production traits during the first 20-30 years of operation of the system.

THE FLOCK TESTING SERVICE

Description

A within-flock performance testing program began in 1969. The objective was to base selection on objectively measured traits of economic importance, so that improvement could be more effective.

The flock-testing service was created with support from the Asociación Rural del Uruguay (Uruguayan Rural Association) and the Sheep Improvement Commission; it is administered by the SUL (Secretariado Uruguayo de la Lana or Uruguayan Wool

Secretariat). Ram hoggets (pedigree and grades) that are free of faults and shorn as lambs, are measured at 12-15 months of age, at shearing time (September-October). At this point, greasy fleece weight and body weight are recorded, and a visual appraisal of wool (character, touch and color) is made. Optional information includes type of birth (single or twin), age of dam (2-tooth or adult) and sire of the ram hogget. A mid-side sample of wool is taken, and sent to the SUL laboratory where scouring yield, staple length and average fibre diameter are assessed. The data are processed by computer and returned to producers in November-December; at this time the final selection of rams takes place to decide which will be used as sires or sold. The rams would then have 3 to 4 months of wool, and production records are available to buyers.

Breeding objectives

After some years, it became evident that a more formal definition of breeding objectives and of selection criteria was needed. This would permit a more precise determination of the relative importance of traits (avoiding unnecessary emphasis on unimportant attributes) and would offer breeders the possibility of combining various traits into an index.

Cardellino and Ponzoni (1985) identified costs and sources of

* Ing. Agr., M.Sc., Departamento de Investigación de la Producción Ovina. Secretariado Uruguayo de la Lana, Jackson 1303, Montevideo 11200, Uruguay.

income in commercial flocks in Uruguay, and found that traits to be included in the breeding goal should be: clean fleece weight, fibre diameter, number of lambs weaned, weaning weight and adult body weight. Relative economic values were calculated, on a lifetime basis, for two hypothetical flocks. The first one (C_A) is a breeding flock where all the surplus progeny are sold as lambs after weaning. The other flock, C_B , consists of breeding ewes and wethers (30%), and surplus progeny are sold as lambs after weaning. Two different price ratios (price per kg of greasy wool/price per kg of live lamb) were considered: 4/1 for Corriedale and 6/1 for Merino and Polwarth, and various selection indexes were calculated, including several options.

From 1985, optional selection indexes for each breed have been included in the flock testing reports given by SUL. However, single trait information is still made available to producers. Even if selection is not always based on an index, the formal definition of selection objectives is still useful to clarify the relative importance of different traits.

Evaluation

Several factors are important in the evaluation of the effectiveness of a production recording service: a) number of studs involved; b) their relative importance vis a vis the sheep breeding structure; c) the degree of retention of producers; d) the proportion of animals that are recorded relative to the total, and e) the interpretation and use made of the information when selecting animals.

The number of studs that used the service in 1990 was 171, with 16,000 rams tested; this is about a 20% of the rams needed for replace-

ment purposes in commercial flocks.

The studs that are under flock testing represent 18% of the breeding flocks. In relation to the breeding structure, the flock testing service strategy has emphasized the adoption of the program by the most important flocks.

There is a high level of adoption by the Corriedale top studs, this being the most important breed in the country. There is considerable margin for improvement, specially in breeds with fine wool; this is due to the practice of selling rams that have not been shorn.

On average, 75% of studs that entered into the program have continued using the flock testing service, so the degree of retention has been high.

The average number of ram hoggets recorded per stud is 190, 100 and 75 in top, second tier and multiplier studs, respectively, but there is great variation among breeds. These figures represent an average of 65% with respect to the total number of hoggets potentially available to be tested. Frequently, there is an initial screening of animals before testing based on obvious faults, but in other instances a group of selected rams is tested. The consequence of this prior selection depends on the criteria utilized and on their correlation with productive traits.

In the application of the flock testing service, special emphasis was placed initially on presenting it as a supplement to the traditional system, and not as a substitute. The tattooing system is viewed as a preliminary screening aimed to define the population upon which the performance recording procedure is applied.

An active participation of breeders in the development of the

flock testing service, and a permanent cooperation between technicians and breeders have always been considered as extremely important. The fact that the activities reside in a single, central, organization has contributed to its success. SUL is responsible for technical support and extension activities related to the service.

Future developments

The possibility of reporting breeding values for each trait, taking into account information on other traits on the same individual is under study at present. The only information on related animals considered today is that on reproductive rate of the dam (type of birth).

Another area requiring more attention is the adjustment of data for environmental factors. The alternative between using standard correction factors or those obtained from the same data must be analyzed in more detail. Studies should be carried out on estimation of genetic and phenotypic parameters for the main breeds, and on novel traits to be considered.

Further future activities connected with the flock testing service include plans for assessing genetic trends on the most important studs.

REFERENCES

- Cardellino, R.C.; Ponzoni, R.W. (1985). Definición de los objetivos del mejoramiento genético e índices de selección en lanares. II Seminario Técnico de Producción Ovina. SUL, Salto, Uruguay.

