

Genética y Mejoramiento

Título **DE BAKEWELL AL MODELO ANIMAL
EN LA SELECCIÓN DE REPRODUCTORES**

Autor **Omar Verde**
*Fundación Centro de Investigaciones del Estado para la Producción Experimental
Agroindustrial (CIEPE)*
omarverde@cantv.net

Español

INTRODUCCIÓN

Hace más de 5.000 años que se registraron las primeras evidencias de que los animales jugaban un importante papel en las actividades de la humanidad. Los bovinos eran utilizados para el trabajo de la tierra y para producir leche y carne. Durante el Imperio Romano, existían rebaños de bovinos con iguales objetivos. Luego se tuvo un largo período con escasos o nulos progresos en la cría bovina.

Por los años de 1.700 se comenzó a observar un cierto ímpetu en la producción animal en Inglaterra. Se estableció el sistema de propiedades individuales y el cercado de terrenos, lo que permitió desarrollar nuevos y mejores métodos de manejo, así como el cultivo de mejores pastos. Se hace referencia al Smithfield Market, donde, para 1710, los becerros pesaban 23 kg, mientras que en 1795 promediaban 67 kg, gracias a las iniciativas individuales (Rice et al., 1967)

En América no existían caballos, bovinos, ovinos ni suinos. Fueron traídos por los conquistadores, sin distinciones de razas y no se aplicaban métodos de mejora ante las precarias condiciones de vida para ese entonces.

El más notable desarrollo en el siglo XVIII se debe a un inglés, Robert Bakewell (1725-1795), quién en 1760 inició sus trabajos con caballos, ovejas y bovinos en Dishley, Inglaterra. Tres fueron sus principios básicos:

1.- Un ideal definido. Para ganado de carne debía ser un animal bajo, rectangular, con alta velocidad de crecimiento y madurez.

2.- No vendía animales, los alquilaba y los regresaba a sus propiedades si ellos transmitían cualidades favorables.

3.- Apareaba lo mejor con lo mejor, independientemente de los parentescos.

Parecer ser que Bakewell fue el primero en conducir un programa sistemático de prueba de progenie en ovinos y bovinos. Sus principios de selección y apareamientos entre parientes fueron copiados y ampliamente utilizados. Ello condujo a la creación de razas, que luego fueron traídas a América del Norte para ser cruzadas entre sí o para aparearse con las líneas nativas que surgieron de la sobrevivencia de los más aptos (Rice et al., 1967; Johansson y Rendel, 1968).

A fines del siglo XIX se crearon varias asociaciones en EEUU y se produjo un gran avance en la ganadería a pesar de no utilizar métodos rígidos de selección.

Otro importante impulso se logró con la incorporación de la inseminación artificial en el manejo animal en los inicios del siglo XX, técnica que se ha extendido de manera vertiginosa y ha permitido la difusión de recursos genéticos de una forma que no era posible hace pocos años. Más recientemente, la técnica de la superovulación ha sido utilizada para obtener mayor cantidad de hijos de una hembra, lo que permite maximizar el uso del mejor material genético.

Genética y Mejoramiento

El mejoramiento genético tiene dos componentes: el de análisis, que permite detectar los mejores genotipos y el de síntesis, que consiste en realizar las mejores combinaciones de los materiales genéticos a través de la selección y los sistemas de apareamiento.

MÉTODOS PARA LA SELECCIÓN DE REPRODUCTORES

1. Apreciación visual:

Ya se ha señalado que la apreciación visual fue el primero paso para escoger o decidir que animales utilizar como reproductores. Los planteamientos de Bakewell fueron aplicados ampliamente por mucho tiempo. Aún hoy, son numerosos los productores que utilizan la apariencia del animal como método de selección. Las ferias agropecuarias gozan todavía de gran aceptación y muchos ganaderos adquieren y utilizan animales que tienen como mérito más sobresaliente "ser campeón en una feria agropecuaria".

Existen numerosos estudios que señalan la poca relación entre tipo y producción, por lo que no se justifica la apreciación visual como único método de selección de reproductores, salvo que sea para detectar defectos anatómicos que impidan una actividad productiva normal.

2. Mediciones productivas directas:

Un paso importante, pero no suficiente, en la escogencia de reproductores viene dado por la medición de las características que se consideren de importancia, tales como intervalo parto a concepción, intervalo entre partos, producción de leche en la lactancia, peso del becerro al destete o a los 18 meses, circunferencia escrotal, etc.

Esto significa un avance, por estar considerando caracteres de importancia económica, pero adolece de una serie de fallas importantes para poder hacer comparaciones apropiadas entre animales.

3. Aplicación de factores de ajuste:

Para tratar de avanzar en la precisión para la comparación entre animales, se consideró la posibilidad de desarrollar una serie de factores de ajuste para los valores medidos. Entre otros podemos mencionar:

- a. Peso ajustado a 205 días de edad
- b. Peso ajustado a 548 días de edad
- c. Producción de leche ajustada por número de parto
- d. Producción de leche ajustada por época de parto
- e. Intervalo entre partos ajustado por número de parto
- f. Producción de leche ajustada por día de intervalo ajustada etc.

Algunos ajustes pueden ser realizados más fácilmente que otros. Así, un peso ajustado a una edad constante solo requiere aplicar una fórmula mientras que para ajustar producción de leche por número o época de parto se necesitan factores de ajuste. Estos factores pueden ser proporcionados por tablas desarrolladas en otras condiciones productivas, lo que no es apropiado.

Obtener factores de ajuste requiere realizar análisis estadísticos con un modelo apropiado y una metodología adecuada. En la facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Central de Venezuela hemos analizado datos de diferentes especies utilizando la metodología de los cuadrados mínimos y diferentes modelos estadísticos. Esto ha permitido obtener estimados de efectos, lo que ha posibilitado realizar ajustes para los valores de respuesta.

Genética y Mejoramiento

Los valores ajustados obtenidos sirven de base para el cálculo de valores relativos dentro de una temporada, un sexo, un rebaño, etc. y para producir listas para la selección de jóvenes reproductores.

Para el caso de los sementales, la evaluación se realiza en una forma diferente: se procede al análisis de los datos mediante un modelo que incluye los efectos para los que se desea realizar el ajuste del peso en evaluación: año de nacimiento, mes de nacimiento, sexo del becerro, edad de la madre al parto, las interacciones que se consideren necesarias y, adicionalmente, el efecto de padre del becerro. El programa producirá, para cada toro incluido en el análisis, la superioridad o inferioridad con respecto al promedio del rebaño, previo ajuste para los factores incluidos en el modelo. Estos valores obtenidos son reflejo de lo que el toro es capaz de transmitir y, por consiguiente, es de mayor valor interpretativo que el calculado para los toretes con sus propios datos. Es decir, constituye una herramienta poderosa que puede ser utilizada para la toma de decisiones sobre sementales a eliminar o a ser utilizados con mayor intensidad en la próxima temporada de servicio.

En el caso de sementales en prueba de progenie en varias fincas, el efecto de hato debe ser tomado en consideración en el modelo para el análisis de los datos. La interpretación y toma de decisión sobre la base de los resultados obtenidos es muy similar a lo señalado en el punto anterior.

4. Tomando en cuenta la información de parientes:

Las listas producidas por los sistemas computarizados para el control de la producción de los rebaños, por lo general, no toman en cuenta la información que pudieran aportar los parientes de cada animal (padres, hermanos, medio hermanos, primos, etc.) en la estimación del valor genético. En la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UCV se desarrolló un programa computarizado para estimar el valor genético de un grupo de animales disponiendo de la información del propio individuo, de sus padres, hermanos y medio hermanos. Este programa está siendo aplicado, fundamentalmente, en el área porcina pero su utilización para bovinos se detuvo cuando se logró incorporar la metodología de Modelos Mixtos (BLUP y MODELO ANIMAL) en los procesos de estimación de los valores genéticos de los animales de uno o un grupo de rebaños.

5. Utilizado la metodología de los modelos mixtos:

La metodología de los Modelos Mixtos data de los años 50. Sin embargo, su aplicación para la evaluación de reproductores tardó tiempo en implementarse, especialmente en los países en vías de desarrollo. Requiere de equipos de gran capacidad de memoria y alta velocidad de proceso. Sin embargo, el vertiginoso crecimiento de la cibernética ha hecho posible que actualmente se disponga de microcomputadores que permiten realizar evaluaciones de apreciables volúmenes de datos en relativamente corto tiempo. Nuestra opinión ha cambiado radicalmente. Hace pocos años (Verde y Plasse, 1992) señalamos que para la aplicación de la metodología de los Modelos Mixtos se requería de estimados precisos de los componentes de variancia y gran capacidad de memoria para el proceso, en atención a la dimensión de las matrices involucradas en los cómputos. En la actualidad, se dispone de programas para estimar con precisión los componentes de variancia y obtener con eficiencia los estimados de valores genéticos de los animales.

Muy concretamente, en la actualidad se realiza la evaluación del Valor Genético en base a la metodología de los Modelos Mixtos, procedimiento que obtiene una Predicción del Valor Genético de un reproductor con propiedades estadísticas definidas como Mejor Predictor Lineal Insesgado (BLUP). Al utilizar el MODELO ANIMAL, se procederá a la obtención de una Evaluación Genética para todos los animales que forman parte del archivo, asignándole una DEP (Diferencia Esperada Entre Progenies) no sólo a los toros padres sino también a las vacas, toretes, novillas, mautas, mautas, becerros y becerras.

Genética y Mejoramiento

El procedimiento computacional para el análisis de los datos involucra lo siguiente:

- Una matriz X para la codificación de los efectos fijos incluidos en el modelo.
- Una matriz Y de valores obtenidos para la(s) variable(s) en estudio.
- Una matriz identidad Z para los animales con información de la(s) variable(s) incluidas en el análisis.
- Una matriz A de parentesco entre todos los animales identificados en el rebaño, incluyendo los animales que no tengan información sobre las variables estudiadas. A través de estas relaciones de parentesco se obtendrán los estimados de Valores Genéticos de aquellos individuos que no tienen información directa y también servirá para obtener con mayor precisión los estimados de los individuos que, además de su información directa, tienen parientes en el rebaño.
- Un estimado de la relación $\alpha = \sigma_e^2 / \sigma_a^2$ (variancia residual/variancia genética aditiva).
- Resolver el sistema de ecuaciones, para el modelo con efecto genético directo:

$$\begin{array}{c|c|c|c|c|c} X'X & X'Z & 0 & b & X'y \\ \hline Z'X & Z'Z + A^{11} & A^{12} & a_1 & Z'y \\ \hline 0 & A^{21} & A^{22} & a_2 & 0 \end{array}$$

donde: A^{11} es la submatriz de la inversa de la matriz de parentesco asociada con los animales con información directa, A^{22} es la submatriz de la inversa de la matriz de parentesco asociada con los animales sin información directa, A^{12} es la submatriz de la inversa de la matriz de parentesco que relaciona animales con información y animales sin información directa, A^{21} es la traspuesta de A^{12} , b son las soluciones para los efectos fijos, a_1 son las soluciones (valores genéticos) para los animales con información directa y a_2 son las soluciones (valores genéticos) para los animales sin información directa.

EL MODELO ANIMAL tiene varias ventajas:

- 1.- Ajusta para los efectos que se considera pueden influir en la variación del carácter en estudio (sexo del becerro, año de nacimiento, mes de nacimiento, edad de madre al parto, etc.).
- 2.- No solo evalúa toros, sino que también evalúa vientres.
- 3.- Los potenciales reproductores del rebaño: toretes, novillas, mautes y becerros, también tendrán una DEP.
- 4.- Las relaciones de parentesco completas entre todos los animales son utilizadas para predecir con una mayor cantidad de información cada valor de DEP.
- 5.- No requiere apareamiento aleatorio entre toros y vacas, pues los vientres son incluidos en el modelo y, por lo tanto, se ajusta para el diferente mérito genético que puedan tener las diferentes hembras.
- 6.- Produce, no solo la estimación del Valor Genético Directo (crecimiento) del padre y la madre, sino que también puede predecir el Valor Genético Materno (Capacidad lechera) de los mismos.
- 7.- Acepta incluir efectos aleatorios no correlacionados en el modelo.
- 8.- La metodología permite evaluar simultáneamente más de un carácter, por lo que se tendrá estimados de Valor Genético para un carácter, ajustado por las correlaciones genéticas con los otros caracteres evaluados en forma simultánea.

Genética y Mejoramiento

En el año 1994 comenzamos a utilizar esta metodología para la evaluación de los animales del rebaño de la Estación Experimental "La Cumaca" de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Central de Venezuela, destinada a la producción de jóvenes reproductores de ganado Brahman de alto valor genético. Para poder automatizar su aplicación desarrollamos, dentro de nuestro Sistema Computarizado de Control de la Producción del rebaño, una opción para la creación del archivo que se debe remitir para la evaluación. Posteriormente, en un diskette se regresan los resultados de la evaluación, para incorporar en la base de datos del sistema de control las DEPs obtenidas para las características evaluadas.

Es oportuno señalar que para una acertada evaluación de datos a través de la metodología de los Modelos Mixtos se requiere de conocimientos de genética, estadística y computación, a objeto de lograr crear un archivo de datos para el análisis apropiado, aplicar un modelo de análisis adecuado, interpretar correctamente los resultados obtenidos y producir los reportes correspondientes.

CARACTERES A CONSIDERAR

Los caracteres a evaluar en un programa de mejoramiento deben ser de importancia económica, suficientemente heredables y medibles.

Los principales caracteres a considerar deben ser la reproducción, la sobrevivencia y el crecimiento en ganado bovino de carne, mientras que en bovinos de leche debe enfatizarse la reproducción, la sobrevivencia y la producción de leche.

Sobre la base de lo antes señalado, y para el caso de la ganadería bovina de carne, además de los caracteres de crecimiento que usualmente se evalúan (peso a 205, 365, 548 o 720 días), se señala la necesidad de evaluar los caracteres reproductivos.

Atencio (1999) ha planteado, en forma muy precisa, la necesidad de evaluar genéticamente los caracteres reproductivos, en atención al impacto que la reproducción tiene en el negocio ganadero. Desafortunadamente, como el mismo lo menciona, los estimados de heredabilidad para los indicadores clásicos de esta característica en la hembra señalan valores muy bajos y se requiere investigar sobre técnicas alternativas que permitan predecir el mérito genético inherente a la fertilidad de la hembra.

En un estudio realizado en ganado Brahman (Verde, 2001), se evaluó la heredabilidad de cuatro características reproductivas:

- 1) Preñez o no de cada hembra nacida en el rebaño (PN)
- 2) Intervalo entre fecha de inicio de temporada de apareamiento y fecha de parto (IIP)
- 3) Número de hijos producidos hasta los 6 años de edad al parto para cada hembra nacida en el rebaño (NG) y
- 4) Producción o no de 3 o más becerros por cada hembra nacida en el rebaño (HR)

Se estimaron los índices de herencia para estas características reproductivas, con valores de 0,06 para PN, 0,17 para IIP, 0,05 para NG y 0,04 para HR, concluyéndose que solo IIP mostró un valor de heredabilidad algo importante.

Por otro lado, otra literatura tropical sobre este tema parece no estar disponible. Es por ello que consideramos importante continuar las evaluaciones de estas y otras características reproductivas, con la finalidad de lograr establecer con propiedad un programa de selección eficiente para mejorar en forma sostenida la reproducción de los rebaños bovinos.

Una complicación adicional debe ser expuesta: algunas de estos caracteres se ajustan a una distribución binomial y otros a una distribución multinomial, por lo que se debe proceder a evaluarlos con metodologías que superen el inconveniente de la falta de ajuste a la distribución normal de los datos.

Genética y Mejoramiento

Tomando en cuenta todos los puntos antes señalados, se considera de utilidad mencionar los siguientes caracteres reproductivos a evaluar en diferentes poblaciones bovinas de carne:

1. Parto o no parto de toda hembra nacida
2. Parto o no parto de toda hembras que alcance los 18 meses de edad
3. Parto o no parto de las hembras expuestas a toro
4. Intervalo entre la fecha de inicio de la temporada de servicios y la fecha de parto, para las novillas que tuvieron parto
5. Intervalo entre la fecha de inicio de la temporada de servicios y la fecha del primer parto para las hembras nacidas, asignando un valor superior al máximo obtenido en el año para aquellas hembras que no tuvieron parto
6. Intervalo entre la fecha de inicio de la temporada de servicios y la fecha del primer parto para las hembras que alcancen los 18 de meses de edad, asignando un valor superior al máximo obtenido en el año para aquellas hembras que no tuvieron parto
7. Intervalo entre la fecha de inicio de la temporada de servicios y la fecha del primer parto para las hembras expuestas a toro, asignando un valor superior al máximo obtenido en el año para aquellas hembras que no tuvieron parto
8. Intervalo entre la fecha de inicio de la temporada de servicios y la fecha de parto para todos los partos ocurridos
9. Número de partos producidos hasta los seis años de edad al parto para todas las hembras nacidas
10. Número de partos producidos hasta los seis años de edad al parto para las hembras que alcancen los 18 meses de edad
11. Número de partos producidos hasta los seis años de edad al parto para las hembras que fueron expuesta a toro
12. Permanencia o no hasta los seis años de edad al parto de toda hembra nacida, con un mínimo de tres partos
13. Permanencia o no hasta los seis años de edad al parto de toda hembra que alcance los 18 meses de edad, con un mínimo de tres partos
14. Permanencia o no hasta los seis años de edad al parto de toda hembra expuesta a toro, con un mínimo de tres partos
15. Permanencia o no hasta los seis años de edad al parto de toda hembra nacida, con cuatro partos
16. Permanencia o no hasta los seis años de edad al parto de toda hembra que alcance los 18 meses de edad, con cuatro partos
17. Permanencia o no hasta los seis años de edad al parto de toda hembra expuesta a toro, con cuatro partos
18. Intervalo entre fecha de inicio de temporada de servicios y fecha de primer parto en vacas de primer parto que lograron un segundo parto en el siguiente año
19. Intervalo entre fecha de inicio de temporada de servicios y fecha de parto en todas las vacas de primer parto, asignando un valor superior al máximo de cada año para aquellas que no lograron un segundo parto en el siguiente año
20. Efecto del intervalo entre fecha de inicio de la temporada de servicios a primer parto sobre el comportamiento reproductivo en el siguiente año
21. Correlaciones genéticas entre circunferencia escrotal y caracteres reproductivos de la hembra
22. Total de carne producida a 6 años de edad al parto, por sus hijos a los 205 días de edad, de toda hembra nacida en el rebaño
23. Total de carne producida a 6 años de edad al parto, por sus hijos a los 205 días de edad, de toda hembra que alcanzó los 18 meses de edad

Genética y Mejoramiento

24. Total de carne producida a 6 años de edad al parto, por sus hijos a los 205 días de edad, de toda hembra que estuvo expuesta a toro
25. Total de carne producida a 6 años de edad al parto, por sus hijos a los 548 días de edad, de toda hembra nacida en el rebaño
26. Total de carne producida a 6 años de edad al parto, por sus hijos a los 548 días de edad, de toda hembra que alcanzó los 18 meses de edad
27. Total de carne producida a 6 años de edad al parto, por sus hijos a los 548 días de edad, de toda hembra que estuvo expuesta a toro

Por otro lado, se hace necesario tomar en consideración los siguientes aspectos:

28. Efectos fijos (incluyendo interacciones) y covariables a incorporar en los modelos para los análisis de los datos
29. Metodologías para los análisis de los caracteres binomiales y multinomiales
30. Comparar los resultados de evaluaciones univariadas contra bivariadas y trivariadas
31. Inclusión o no de efectos genéticos maternos y/o de efectos aleatorios no correlacionados en los modelos
32. Nivel de convergencia a utilizar en los procesos de predicción

El hecho de hacer esta lista, en cuanto a caracteres reproductivos se refiere, no significa que deban evaluarse todas ellas en un programa rutinario de selección de reproductores. Es para iniciar proyectos de investigación que permitan detectar los que presentan mejores índices de herencia y, sobre esa base, tomar decisiones en cuanto a los caracteres a considerar en el programa de selección.

Genética y Mejoramiento

A MANERA DE CONCLUSIÓN

Incrementar la producción y productividad en un rebaño bovino involucra un programa sostenido de mejoramiento ambiental y genético. Para hacer eficiente el programa de mejoramiento genético, debe llevarse registro de las operaciones que se realizan en la finca. En la actualidad, el computador constituye una herramienta valiosa para llevar los controles productivos, pero se hace necesario realizar una evaluación exhaustiva de los datos para poder tomar decisiones sobre bases firmes.

Las metodologías para realizar la evaluación genética de los reproductores han ido mejorando con el tiempo, introduciéndose refinamientos que permiten realizar estimaciones cada vez más precisas. Estas metodologías genético-estadísticas están a disposición de los técnicos y productores de nuestro país. Su utilización en forma rutinaria permitirá realizar los progresos que facilitarán hacer más eficiente el negocio ganadero.

Sin embargo, desarrollar un plan de mejoramiento genético no constituye un paso aislado dentro de una explotación. Se hace necesario desarrollar programas integrales de mejoramiento, que se inicien con una precisa identificación de los animales, anotación de los eventos productivos que suceden, evaluación sanitaria del rebaño, revisión ginecológica, eliminación de animales improductivos, creación y división de potreros, introducción de pastos, desarrollo de planes reproductivos y sanitarios permanentes, programa de conservación de pastos, etc. Sin estos subprogramas funcionando, el subprograma genético que se ponga en marcha tendrá reducidas o nulas posibilidades de éxito.

Por otro lado, se requiere continuar estudiando los caracteres a incluir en el programa de selección, con la finalidad de considerar aquellos que reflejen con mejor propiedad la parte económica. En este sentido, no solo los caracteres de crecimiento deberán ser considerados. Se hace necesario tomar en consideración la reproducción, bien sea en forma separada o combinándola con el crecimiento en un solo carácter.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Atencio, A. 1999. Predicción genética de la fertilidad en la hembra Cebú. Memorias de la I Jornada de actualización de Asocebú. 19 al 21 de mayo de 1999. Hacienda "El Arroyo". Caracas. pp 57-66

Johansson, I. y J. Rendel. 1968. Genetics and Animal Breeding. W. H. Freeman and Company. 489 pp.

Rice, V. A.; F. N. Andrews; E. J. Warnick y L. E. Legates. 1967. Breeding and Improvement of Farm Animals. Sexta edición. Mc. Graw-Hill Book Company. 477 pp.

Verde, O. 2000. Caracteres reproductivos a considerar en un programa de evaluación genética para bovinos de carne. Memorias del X Congreso Venezolano de Zootecnia. 29 Noviembre a 01 de Diciembre de 2000. Guanare. Estado Portuguesa. pp 250-255.

Verde, O. y D. Plasse. 1992. Utilización de los registros de producción para la evaluación genética de bovinos de carne y de doble propósito. En: D. Plasse, N. Peña de Borsotti y Jesús Arango (Eds.). VIII Cursillo sobre Bovinos de Carne. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias Veterinarias. Maracay, Venezuela. pp 201-213.