

El modelo animal

El mejoramiento genético moderniza el procedimiento para las pruebas de progenie en ganado lechero

Por: Iván Darío Gutiérrez U. Zootecnista.*

En julio de 1.989, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) implementó un nuevo método para calcular las evaluaciones genéticas en el ganado lechero.

Con cada cambio el procedimiento estadístico para el cálculo de las pruebas de progenie se va haciendo más complejo.

Historia de las evaluaciones genéticas

Ciertamente la evaluación de los toros pudo haber sido mucho más simple, si se utilizaran los promedios de producción de las hijas, o las diferencias entre hijas y madres. Sus valores se obtendrían con calculadora y no serían necesarios complejos programas de computador.

La complejidad de las evaluaciones genéticas es un reflejo de la diversidad en las tendencias de la industria lechera; no existen dos fincas que tengan los mismos programas de manejo, ni los mismos objetivos de cría y mejoramiento. Además, a medida que se avanza en la teoría genética, las técnicas de

cómputo y las mismas computadoras, se van tornando más sofisticadas.

Recordemos brevemente los procedimientos de evaluación genética que se han utilizado en el pasado, y por qué se han cambiado.

Promedio de las hijas

La mayoría de los procedimientos de evaluación genética se han basado en ciertos supuestos. En este caso, para utilizar el promedio de producción de las hijas en la evaluación de los toros, se debe suponer que los niveles promedio de manejo de los hatos, deben ser similares para todos los toros que se van a comparar.

Si las hijas de un toro A, están todas en hatos extremadamente bien manejados y las del toro B, en hatos por debajo del promedio, sería erróneo comparar sus producciones. Aunque el toro B, tuviera un mayor mérito genético, las hijas del toro A, tendrían un mayor promedio de producción. La superioridad genética del toro B, estaría enmascarada por el nivel de manejo de los hatos en los cuales están sus hijas.

La actual y evidente diversidad en las prácticas de manejo y medios ambientales a través de los hatos, no permite aceptar el supuesto de similitud en el manejo para los grupos de progenie de todos los toros.

* Iván Darío Gutiérrez U. Zootecnista, M. Sci.; tomado de "Sire Summaries". 1.990, vol.1, HFA,

Comparación Hijas-Madres

El supuesto de que los grupos de hijas de todos los toros representen tipos similares de manejo de los hatos, es de menor importancia para la comparación hijas-madres. Las diferencias de manejo a través de los hatos, no afectarían la exactitud de la evaluación.

Sin embargo, los cambios en la producción dentro de los hatos sí pueden viciar la comparación hijas-madres. Supongamos que ocurre un mejoramiento significativo en el manejo después de que la madre salga del hato y justo antes de que la hija dé su primer parto. El mejor manejo para la hija causaría diferencias entre ella y su madre, que podrían llegar a ser supremamente altas. Esta situación le daría al toro más crédito genético del que se merece.

Este procedimiento de comparación se utilizó desde 1.935 hasta 1.962.

Comparación con las Compañeras de Hato (HMC)

En este sistema, las hijas eran comparadas contra sus compañeras de hato, que parían aproximadamente al mismo tiempo. En esta forma, los cambios en el manejo influenciaban a todos los animales incluidos en la prueba.

La comparación con las compañeras de hato fue un gran adelanto porque su exactitud no dependía de que los hatos tuvieran un medio ambiente constante a través del tiempo. Además, las hijas cuyas madres no tenían registros de producción podrían ser incluidas en las evaluaciones.

Para la comparación con las compañeras de hato se necesitaron dos importantes supuestos: a) El mérito genético de las compañeras de hato debía ser igual para todos los grupos de hijas. b) La tendencia genética de las características evaluadas debía ser cero (0).

La aceptación y amplio uso de este sistema, posteriormente condujo a necesitar un nuevo

procedimiento de evaluación genética, al no poderse sustentar los dos anteriores supuestos básicos. El mejoramiento genético ocurrido en la población de ganado lechero mediante el uso de este sistema, permitió una evaluación más precisa de los animales genéticamente superiores.

Por otra parte, las diferencias genéticas a través de los hatos, resultado de los diferentes méritos genéticos en las compañeras de hato, también llegaron a ser más evidentes debido a la entonces mayor disponibilidad de semen congelado y a la mayor capacidad de los ganaderos para conseguir sus objetivos individuales en los programas de mejoramiento.

Comparación Modificada con las Contemporáneas (MCC)

Este sistema de evaluación genética fue introducido en el año de 1974, y en él se tuvieron en cuenta las tendencias genéticas, las diferencias en los niveles genéticos a través de los hatos y las diferencias en el manejo de los mismos. Además, se utilizó la información del pedigrí para mejorar la exactitud de los estimados genéticos.

Mediante el uso de la MCC se logró un sustancial mejoramiento genético en la población de ganado lechero, probando ser una muy útil herramienta de selección.

Sin embargo, los avances más recientes en la tecnología de los computadores, ha llevado a USDA a desarrollar un procedimiento más exacto de pruebas de progenie: El Modelo Animal.

Definición del modelo animal

El modelo animal conserva muchas de las características de la Comparación Modificada con las Contemporáneas (MCC). La mayor diferencia entre ambos procedimientos es el énfasis en las correlaciones entre los animales.

La MCC se enfocó básicamente al toro. Se utilizó el comportamiento de las hijas de un toro para determinar su mérito genético. En ella, las principales correlaciones consideradas eran aquellas entre el toro y sus hijas.

Las evaluaciones por el Modelo Animal se basan en el animal y en sus correlaciones con otros que están siendo evaluados. Se incluyó la información del animal mismo, de sus ancestros y de su progenie, con todas las correlaciones conocidas entre ellos. Se utilizó además la información de la "familia de vaca", incluyendo todos los ancestros y descendientes hembras.

El Modelo Animal hace referencia a los factores que influyen los registros de producción de una vaca. En el nuevo procedimiento, el registro de lactancia de una vaca (ajustado a 2X, 305 días y E.M.) es explicado por:

- a) Manejo del hato
- b) Interacción hato-toro
- c) Efectos medioambientales permanentes,
- d) Valor de cría de la vaca y
- e) El azar y los efectos medioambientales temporales.

Los grupos de manejo de hato, consideran el mes del parto, el estado y el número de la lactancia. Por lo tanto, ellos contienen los registros de las vacas que están produciendo bajo similares condiciones de manejo.

La interacción hato-toros es el efecto que una vaca tiene en común con sus medias hermanas paternas en el mismo hato. Las hijas de un toro pueden ser manejadas más similarmente en el hato, que aquellas vacas no emparentadas.

Los efectos medioambientales permanentes influyen todos los registros de lactancia de una vaca, pero no se transmiten a su descendencia.

El valor de cría de una vaca afecta sus registros de producción; éste es el único efecto que puede ser pasado de padres a hijas. Un medio del valor de cría determina la superioridad o inferioridad genética transmitida a la descendencia del animal.

El azar y el medio ambiente temporal representan los otros factores casuales que afectan la producción de las vacas. Estos efectos varían a través de las lactancias.

Por supuesto, el principal factor de interés es la habilidad de transmisión. Los otros factores son considerados para garantizar la precisión de los estimativos genéticos.

Principales cambios esperados con el modelo animal

Como antes se había dicho, muchas de las características del Modelo Animal son similares a aquellas de la MCC. Ambas evaluaciones tienen en cuenta las diferencias en el mérito genético de las contemporáneas, la tendencia genética de la población y la información de los parientes. Sin embargo, con la implementación del Modelo Animal, ocurrieron algunos cambios significativos. Estos cambios incluyen:

1. El uso de la información del pedigrí: todos los parientes identificados afectan la evaluación de un animal; además, cada animal influencia la evaluación de sus parientes. La cantidad de influencia depende de cuan estrechamente están ellos relacionados. Las hijas, los hijos y padres tienen mayor impacto sobre la evaluación de un toro, que la de sus abuelos, primos y otros animales más remotamente emparentados.

El uso más extendido de la información de la progenie y de los ancestros, puede resultar en una significativa reclasificación individual de las vacas. Los datos de muchas hijas en lactancia y de hijos probados, pueden afectar notablemente la evaluación de la vaca. Además, puede ocurrir un cambio importante si el comportamiento de la progenie difiere considerablemente del comportamiento de la vaca, o su mérito genético del indicado por la información de sus ancestros.

Es menos probable el cambio en la clasificación de los toros que el de las vacas. En particular, para aquellos toros que tienen mucha progenie evaluada mediante el procedimiento MCC no se debe esperar cambios significativos con el Modelo Animal.

2. **Evaluaciones simultáneas:** las evaluaciones genéticas de vacas y toros, se calculan al mismo tiempo, en contraste con la MCC que evaluaba primero los toros basado en la información de sus hijas, y después las vacas utilizando sus propios registros y la evaluación genética de sus padres.
3. **Ajuste por el mérito genético del consorte:** el Modelo Animal ajusta por el mérito genético del otro padre cuando se utiliza la información de la progenie. Estos ajustes se hacen tanto para vacas como para toros.

Si un toro es apareado con vacas por encima del promedio, su evaluación se ajusta por debajo para que refleje correctamente la contribución genética que hace a sus hijas. Por el contrario, el toro recibe un ajuste positivo, si fuera apareado con vacas por debajo del promedio. En forma similar, el Modelo Animal considera el mérito genético de los padres de las hijas, cuando la información de ellas se utiliza para evaluar las vacas.

4. **Nueva base genética:** el cambio de base genética afecta por igual las evaluaciones de toros y vacas. El cambio de base ajusta todos los valores de cría a cero (0), para todas las vacas nacidas hasta 1.985.

Con el Modelo Animal el 50% ($\pm 5\%$) de las vacas, tienen evaluación genética positiva. La nueva base genética disminuyó en 200 lbs. de leche, 7 lbs. de grasa y 3 lbs. de proteína. El ranqueo o clasificación de los animales no se afectó por el cambio de base.

En el futuro, los cambios de base se harán cada 5 años. El próximo ajuste se hará en 1995 con las vacas nacidas en 1990, representando el año base.

5. **Nueva terminología:** se introdujo una nueva terminología. Los estimativos de la habilidad de transmisión para machos y hembras, se denominan "Habilidad de Transmisión Predicha (PTA)". La PTA reemplaza a la Diferencia Predicha (PD) y al Índice de Vaca (CI). La Repetibilidad (R), ha sido llamada confiabilidad (REL).

La Desviación de la Producción (vacas) y la Desviación de la Producción de las Hijas (toros), reemplaza la Desviación Contemporánea Modificada (MCD), del Procedimiento MCC.

La Desviación de la Producción representa los registros de producción de las vacas ajustados por el grupo de manejo, el medio ambiente permanente y la interacción hato-toro.

La Habilidad Predicha de Producción (PPA) es un nuevo valor disponible en el análisis del Modelo Animal. La PPA es un estimativo de los factores que influenciarán las futuras lactancias. La PPA es similar a los valores actualmente suministrados por el DHIA, tales como la Habilidad de Producción Estimada (EPA) y la Habilidad Relativa de Producción Estimada (ERPA). Informaciones como la PPA, EPA y ERPA son útiles en la toma de decisiones de descarte.

Como las PPA son calculadas en relación a una misma base genética, las vacas pueden ser comparadas a través de los hatos.

6. **Clasificación por percentiles:** la PTA en dólares por proteína (PTAP\$), determina el ranqueo de vacas y toros por percentiles. Los rangos de percentil reportados por la MCC se basaban en la PD\$F y en el CI\$F. Este cambio afecta entonces la clasificación de toros y vacas. La mención de "Vaca Elite" está basada en esta clasificación por percentiles.

La siguiente tabla suministra un resumen de la información generada del Modelo Animal de USDA.

Tabla 1. Información disponible con el Modelo Animal.

INFORMACION	DESCRIPCION
Habilidad de transmisión Predicha (PTA)	Estima la superioridad o inferioridad genética que un animal transmitirá a su descendencia. Es utilizada tanto para machos como para hembras. Es equivalente a la PD y al CI de la MCC. Las vacas nacidas en 1985 tienen un promedio de 0.
Habilidad Predicha de Transmisión (PPA).	Predice el comportamiento de una vaca en futuras lactancias. Tiene en cuenta el valor de cría, el efecto hato-toro y los efectos medioambientales permanentes.
Desviación de la Producción (YD)	Promedio ponderado de la producción de una vaca, ajustado por el grupo de manejo, los efectos medioambientales permanentes y por la interacción hato-toro.
Desviación de la Producción de las Hijas (DYD)	Promedio ponderado de la desviación de la producción de las hijas de un toro, ajustado por el mérito genético de sus madres.
Promedio de los Padres (PA)	Promedio de la PTA del padre y de la madre.
Confiabilidad (REL)	Es una medida de la cantidad de información en la evaluación. Se tiene en cuenta la información del animal, de los padres y de la progenie. Corresponde a la repetibilidad del método MCC.
Confiabilidad del Promedio de los Padres (REL-PA).	Cantidad de información del promedio de los padres (PA). Se calcula como 1/4 de la suma de las confiabilidades de los padres.
PTA Dólares (PTA\$)	Índice económico que combina los valores relativos de la leche y sus componentes. PTA\$F es un índice para leche, grasa y proteína. PTA\$CY es un índice para leche, grasa y proteína basado en el precio del queso producido.
Percentile	Clasificación basada en la PTA\$P.

La confiabilidad es la medida de la exactitud

La cantidad de información disponible para estimar las evaluaciones genéticas con el Mo-

delo Animal, es medida por la Confiabilidad (REL).

El método para calcular la REL tiene en cuenta varias fuentes adicionales de información, comparado con la RPT de la MCC. Una

diferencia importante es la incorporación de la información de los ancestros para determinar la REL de los padres. En julio de 1988 la Asociación Holstein hizo un cambio similar para la RPT de la PDT.

La tabla 2 ilustra el incremento en la confiabilidad del toro cuando se incluye en su cálculo la exactitud de la información de los padres. La hilera superior de valores marcada como "REL de la progenie solamente", representa las repetibilidades (RPT) de la MCC, o confiabilidad de la progenie solamente. En la columna de la izquierda, la REL-PA está calculada como $1/4$ de la sumatoria de la confiabilidad de los padres, e indica la exactitud de su información.

Como ejemplo, supongamos que se busca un toro cuya REL para los datos de la progenie solamente, sea de 50%. Su padre tiene una REL de 60% y su madre de 20%. La REL-PA para este toro es $1/4 (60+20) + 20\%$. La confiabilidad del toro considerando la información de los padres y de la progenie, es de 56%. Teniendo en cuenta la información de los padres, la confiabilidad se incrementa en un 6%.

Los toros con pocas pruebas de hato y RPT relativamente pequeñas en el procedimiento MCC, tienen los mayores incrementos en la

REL del Modelo Animal. Por ejemplo, un toro que tenga 30% de RPT en la MCC, está en el 62% de REL en el Modelo Animal, asumiendo que los padres tienen altas confiabilidades y no siendo incluida progenie adicional.

Toros con poco o menos del 70% RPT, poco cambiaron en el cálculo de la REL en el Modelo Animal.

Confiabilidad para las vacas

La confiabilidad de la prueba de las vacas está influenciada por sus propios registros de producción y por la información de sus padres y progenie.

El cálculo de la RPT del Índice de Vaca (CI) mediante el procedimiento MCC consideró la exactitud de la información de los padres y la producción de la vaca. Por lo tanto, el incremento significativo en la REL del PTA de las vacas, se debe atribuir a la inclusión de la información de la progenie. (Cuando se incrementa la REL de los Padres, puede dar lugar a pequeños incrementos en la REL de las vacas).

TABLA 2. Confiabilidad (REL) de la PTA del toro, cuando se considera a la Confiabilidad del Promedio de los Padres (REL-PA) y la información de la progenie.

REL-PA	REL DE LA PROGENIE SOLAMENTE						
	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
0,00	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
0,10	0,35	0,44	0,53	0,62	0,71	0,80	0,90
0,20	0,40	0,48	0,56	0,64	0,72	0,81	0,90
0,30	0,46	0,52	0,59	0,66	0,73	0,82	0,90
0,40	0,52	0,57	0,63	0,68	0,75	0,82	0,91

La tabla 3 muestra el impacto de la información de las hijas sobre la REL de las vacas.

TABLA 3. Confiabilidad de la PTA de la vaca cuando se consideran los registros de las hijas.

REL-C	NUMERO DE HIJAS				
	1	5	10	20	50
0,10	0,14	0,26	0,37	0,52	0,72
0,20	0,23	0,33	0,42	0,55	0,73
0,30	0,32	0,40	0,48	0,58	0,74
0,40	0,42	0,40	0,53	0,62	0,75
0,50	0,51	0,55	0,60	0,66	0,77

REL-C es la confiabilidad cuando no se utilizan los registros de las hijas.

Consideremos una vaca con 50% de REL y sin progenie. Si ahora, ella tuviera 5 hijas con información de producción, su REL sería del 55%. Aquellas vacas que han sido intensamente usadas como donadoras de embriones, pueden alcanzar confiabilidad que exceden el 70%.

Una REL de vaca puede estimarse mediante la expresión de la información disponible en

equivalentes hijas, y utilizando la siguiente ecuación:

$$REL = n/(n+14)$$

donde n es la suma de equivalentes hijas de la información de la progenie, padres y del animal mismo.

En la tabla 4 están los equivalentes hijas para varias fuentes de información.

TABLA 4: Contribuciones a la confiabilidad de la vaca, expresada como hijas equivalentes.

Parentesco	Información Disponible	Hijas Equivalentes
Ella misma	1 registro de lactancia	4,7
	3 registros de lactancia	7,8
	5 registros de lactancia	9,0
Hija	1 registro de lactancia	1,0
	3 registros de lactancia	1,5
	5 registros de lactancia	1,7
Hijo	1 hija con 1 reg. de lact.	0,2
	10 hijas en 10 hatos	1,8
	50 hijas en 50 hatos	4,4
	100 hijas en 100 hatos	5,4
	Prueba con 99% del REL	7,0
Padres	Padre 70% REL; madre 30% REL	4,7
	Padre 99% REL; madre 50% REL	8,3
	Padre 99% REL; madre 99% REL	14,0

Este es un ejemplo:

Una vaca tiene 5 registros y 5 hijas en lactancia. La REL de la prueba de los padres es de 99% para el toro y 50% para la madre.

	HIJAS EQUIVALENTES
Su propio registro 5 lactancias	9,0
Hijas - 5 Una hija con 5 reg.	1,7
4 hijas con 1 reg. c/u 4 x 1,0 hijas equiv.	4,0
Padres	
Padres 99% REL; madre 50% REL	8,3
Total	23,0

REL = 23 / (23+14) = 0.62 = 62%

Si la información de la progenie (5 hijas) no estuviera disponible o no hubiera sido utilizada, la confiabilidad sería:

$$REL = 17,3 / (17,3+14) = 55\%$$

En resumen, la REL del Modelo Animal son más altas que las RPT del MCC, asumiendo la misma cantidad de información de la progenie. Los incrementos más significativos se observan en toros con pocas hijas y en vacas con mucha progenie. Esos cambios fueron debidos a la consideración de la información del pedigrí en los toros y a la inclusión de la información de la progenie en las vacas.

Otras características del modelo animal

Las características que a continuación se describen, tienen que ver generalmente con el uso de los registros de producción en las evaluaciones genéticas.

1. Definición del Grupo de Manejo:

Los grupos de manejo se refieren a los intervalos de dos meses fijados dentro de un determinado hato y año. Los grupos de manejo consideran además el estado de registro (registrada o mestizo) y el número de la lactancia (primera o posterior). Este procedimiento de agrupación permite comparaciones válidas entre va-

cas que producen en similares condiciones de manejo. Si en un grupo de manejo hay menos de 5 registros de lactancia, estos grupos se combinan para obtener suficientes vacas para una comparación significativa.

2. Se utilizan las primeras cinco lactancias:

En las evaluaciones del Modelo Animal se utilizan como máximo, los primeros 5 registros de lactancia de una vaca. Investigaciones anteriores han demostrado que al utilizar registros adicionales, se reduce el valor de la estimación del mérito genético.

Relativamente pocos animales en un hato tienen más de cinco lactancias; por lo tanto, pocas contemporáneas de edad similar están disponibles para hacer comparaciones válidas. Además los registros de lactancias posteriores tienden a estar influenciados por más efectos medioambientales permanentes, lo que determina que sean menos indicativos del mérito genético de la vaca.

Los datos para las evaluaciones en el Modelo Animal serán la información de la producción de leche, grasa y proteína. Se incluyen los registros de lactancias iniciadas desde 1960 hasta el presente y los datos de pedigrí hasta 1950.

3. Se requieren los registros de la primera lactancia:

En el Modelo Animal se utilizan los registros de la vaca en la evaluación de los ancestros y la progenie, solamente si se dispone del registro de la primera lactancia. Esta condición elimina los efectos de la selección o el descarte sobre las evaluaciones genéticas. Si para la evaluación del toro solo se utilizaran registros posteriores, podría llegar a utilizarse un grupo selecto de sus hijas, permitiendo que esta selección afecte la evaluación del toro.

Cuando las vacas no tienen disponible el registro de la primera lactancia, se hacen evaluaciones suplementarias para estimar su mérito genético. Sus registros de lactancia afectan su propia evaluación, pero no la de sus parientes. La información sobre éstos también se considera en las evaluaciones de tales vacas.

Las PTA de las evaluaciones suplementarias, son las que aparecen en los pedigrís de la HFA, de aquellas vacas que no tienen registros de primeras lactancias.

4. Registros corregidos:

La estandarización de los registros y los criterios de corrección, son los mismos que se utilizaron en las evaluaciones de

la MCC. Las vacas con registros de producción, deben tener padres perfectamente identificados. Todos los registros deben estar corregidos a una base de 305 días, 2X y E.M.

Un registro se incluye en la evaluación, si tienen al menos 40 días de lactancia. Si una vaca murió o se vendió por cualquier razón, excepto producción, su registro será incluido en la evaluación, si estuvo al menos 15 días en lactancia.

5. Se combinan los datos de la Holstein y la Holstein Roja:

Para recoger más completamente la información de los ancestros rojos de la raza Holstein, ambos grupos de animales se evalúan en conjunto. En esta forma se produce una sola evaluación que incluye todas las hijas de los toros identificados en ambos Libros de Registro. En las evaluaciones de la MCC, las hijas de los toros rojos se dividen entre las poblaciones Holstein y Holstein Rojo, dependiendo de la forma en que eran reportados sus ancestros. La combinación de ambas poblaciones dio como resultado mayores confiabilidades para los toros de ambos registros. Además, las evaluaciones serían más exactas debido a la disponibilidad de ancestros más completos de los animales rojos.

