

Programas Genéticos para el Ganado Lechero en Estados Unidos

Dr. Rex L. Powell

Laboratorio del Programa de Mejoramiento Animal

Servicio de Investigación Agropecuaria del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (*USDA*),

Beltsville, MD 20705-2350, EE.UU.

Correspondencia:

rpowell@aipl.arsusda.gov

Rm 306, Bldg 005 BARC West

10300 Baltimore Ave.

Beltsville, MD 20705-2350, USA

Oficina: 301-504-8334

Fax: 301-504-8092

Introducción

En 2003 la producción de leche en Estados Unidos alcanzó su nivel más alto de la historia con 77,300 millones de kilogramos, con 9,084,000 vacas en 70,410 explotaciones. La producción fue relativamente superior en las vacas que se encuentran bajo el sistema de pruebas del Mejoramiento del Hato Lechero (*Dairy Herd Improvement, DHI*). En enero de 2004, 4,071.099 vacas están el programa DHI; lo que represente cerca del 45% del las vacas lecheras de Estados Unidos. El Cuadro 1 presenta los números de vacas que parieron en 2002 con registros utilizables para las evaluaciones genéticas, así como su producción promedio estandarizada. Más del 91% de las vacas probadas son Holstein y su producción es elevada en todo momento. Desde luego, muchos factores contribuyen al nivel de producción. Si se hubiera presentado mal clima se habría reducido la producción a pesar del mejoramiento genético y el manejo excelente.

Cuadro 1. Número de vacas en el programa de Mejoramiento del Hato Lechero que parieron en 2002, incluyendo su producción estandarizada (equivalentes maduros a 305 días).

Raza	Registros	Leche (Kg)	Grasa (Kg)	Proteína (Kg)	Grasa (%)	Proteína ¹ (%)
Holstein	1,589,782	11,338	413	340	3.65	3.00
Jersey	115,472	8,012	369	285	4.61	3.55
Pardo Suizo	15,639	9,466	380	312	4.01	3.30
Guernsey	8,293	7,438	331	244	4.45	3.28
Ayrshire	6,755	8,110	313	253	3.85	3.12
Rojo y Blanco	3,334	10,479	382	310	3.65	2.96
M. Shorthorn	2,534	7,776	278	239	3.58	3.08
Total	1,741,809	11,082	409	335	3.72	3.04

Fuente: Powell y Sanders, 2004.

¹ Proteína verdadera (0.19% inferior a la proteína bruta).

La industria lechera de Estados Unidos está descentralizada. Las pruebas de producción, el registro de las razas, la inseminación artificial y la evaluación genética se realizan por organizaciones independientes. Aunque operan por separado, es esencial que

estos grupos cooperen para lograr el éxito mutuo. A través del Consejo para la Reproducción del Bovino Lechero, se establecen las posiciones de la industria. De los nueve escaños del Consejo, tres están destinados a los programas de registro de leche, tres a las asociaciones de las razas y tres a las organizaciones de inseminación artificial. El *USDA* no tiene ningún representante con voto.

Registros de Leche

En los últimos años se han hecho más flexibles los programas oficiales de prueba. La mayoría de las vacas en prueba se encuentran bajo programas de ordeña dos veces al día (AM/PM) pero sólo se proporcionan los datos de una ordeña (alternativamente AM y PM) por mes. En sólo el 36% de las vacas se pesaron todas las ordeñas y sólo el 23% incluyó muestras para determinación de los componentes en todas las ordeñas del día de prueba (Cuadro 2). Comenzando en 1997 se incluyen los registros de muestreo por parte del propietario para satisfacer los requerimientos generales de las evaluaciones genéticas, sujetos a ciertas condiciones (porcentaje del hato completamente identificado, concordancia entre los registros y la leche embarcada, y número de valores de producción disparados o fuera de lógica [N. del T.: que en inglés denominan “*outliers*”]). Aun cuando éstas representan el 12% de todas las vacas probadas, sólo el 4% de los registros que calificaron para su inclusión en las evaluaciones genéticas del rendimiento proceden de hatos con registros y muestreo por parte del propietario. Los componentes se muestrean en el 95% de los días de prueba de las vacas. El registro electrónico de los pesos de la leche hace posible el reporte elaborado a base de promedios de datos de más de un día para cada suceso que se prueba, pero actualmente sólo en el 6% de los hatos se aplica esta práctica. La mayoría de las vacas del programa de Mejoramiento del Hato Lechero (93%) se someten a pruebas de conteo de células somáticas (*SCC*, por sus siglas en inglés) y un número creciente de hatos (27%) se ordeña 3 veces al día.

Cuadro 2. Porcentaje de registros del programa de Mejoramiento del Hato Lechero (DHI) en 2003, con varias características de prueba.

Características de la Prueba del DHI	Porcentaje de Vacas Probadas
Prueba supervisada	88
Muestras para componentes	95
Pesaje de todas las ordeñas del día de prueba	36
Muestreo de las ordeñas del día de prueba	23
>1 día de ordeñas registradas	6
3 Ordeñas diarias	27
Prueba de conteo de células somáticas	93

Fuente: <http://www.aipl.arsusda.gov/publish/dhi/current/partx.html>, 2004.

Cinco Centros de Procesamiento de Registros Lecheros (*DRPC*) ubicados en California, Utah, Texas, Wisconsin y Carolina del Norte procesan los registros de leche en EE.UU. El Centro recibe los datos de las explotaciones participantes y de los laboratorios que les dan servicio (análisis de componentes y células somáticas), y devuelven la información del manejo a las granjas. El mercado para brindar estos servicios a los ganaderos está muy competido, por lo que los datos que se procesan en cada Centro ya no son estrictamente regionales. De manera cotidiana o semanal, los Centros de Procesamiento envían electrónicamente los datos al centro de evaluación genética del Laboratorio de Programas de Mejoramiento Animal (*AIPL*) del *USDA*.

Asociaciones de Registro

Las organizaciones encargadas del registro de las razas llevan sus libros de correspondientes, proporcionan certificados de registro, brindan servicios de clasificación y promueven el mejoramiento de la raza. Cada una de las razas que aparecen en el Cuadro 1 – y algunas poblaciones más pequeñas– cuentan con asociaciones en Estados Unidos. Seis de las razas proporcionan individualmente un índice general único del mérito animal que combina las evaluaciones de diversas características con base en los objetivos de la raza. Las revistas de cada raza promueven a cada una de ellas, ofrecen información educativa y constituyen un importante recurso mercadotécnico para el ganado lechero de raza pura. Se registra esencialmente a todas las madres de los toros y a aproximadamente el 80% de sus

hijas sometidas a las pruebas de progenie (*PT*), en la mayoría de las razas. No obstante, sólo se registra aproximadamente el 20% del ganado Holstein (Norman *et al.*, 2001).

Inseminación Artificial

El 96% de las vacas Holstein que parieron en 2003 y que cuentan con identificación del toro, se sometieron a inseminación artificial. Esta información de apareamiento sólo está disponible para las vacas que cuentan con registros del programa de Mejoramiento del Hato Lechero (*DHI*) incluyendo la identificación del toro, por lo que muchas vacas que no cuentan con la identificación del toro pueden corresponder a sementales no usados para inseminación artificial. También con base en la información de las organizaciones de inseminación artificial con respecto a ventas y uso del semen, tal vez el 70% de todas las vacas de ordeña en EE.UU. hayan sido producidas mediante inseminación artificial.

El Cuadro 3 presenta las cifras referentes a los toros con pruebas de progenie (muestreados) anualmente en Estados Unidos, así como algunos números referentes a toros en el servicio activo de inseminación artificial. Los toros Holstein comprenden el 87 y el 72%, respectivamente. Los toros Holstein activos en inseminación artificial tienen una mediana de edad de 7 años (84 meses), pero algunos toros más longevos elevan el promedio de edad a 90.5 meses.

Cuadro 3. Números de toros con pruebas de progenie (PT) y activos en inseminación artificial (AI), y proporción de estos toros resultantes de transferencia embrionaria (ET), además de las proporciones de vacas procedentes de ET.

Raza	Toros PT ¹ por Año		Toros Activos en AI ²		% de Vacas ³ Proced. de ET	% de Vacas Elite ⁴ Proced. de ET
	(No.)	% Proced. de ET	(No.)	% Proced. de ET		
Holstein	1,569	75	619	82	3	37
Jersey	144	65	94	56	2	17
Pardo Suizo	40	65	52	71	7	31
Rojo y Blanco	39	72	38	89	10	17
Guernsey	13	38	21	67	2	9
Ayrshire	13	38	25	32	2	10
Milking Shorthorn	4	0	7	0	1	0
Total	1,822	73	854	76	3	33

¹ Toros de reciente ingreso al servicio de inseminación artificial (con base en el reporte de la Asociación Nacional de Criadores [NAAB]) en 2003.

² Toros con estatus activo en inseminación artificial (con base en el reporte de la NAAB) a febrero del 2004.

³ Vacas registradas, nacidas en 2002.

⁴ Vacas incluidas en las listas Elite de febrero del 2004.

La transferencia embrionaria (ET) se utiliza para producir a la mayoría de los toros que entran al muestreo de inseminación artificial. De los toros Holstein que entraron a los programas de pruebas de progenie en 2003, el 75% eran procedentes de transferencia embrionaria. Sólo el 0.4% procedieron de embriones divididos y hubo sólo un clon procedente de transferencia nuclear. La clonación carece de interés lechero comercial debido a la falta de aprobación de los productos resultantes por parte de la Administración de Alimentos y Fármacos (FDA). Hasta octubre del 2002, la Asociación Holstein de EE.UU. había registrado 1,536 hembras y 783 machos de la tecnología de embriones divididos y los números correspondientes a los animales procedentes de transferencia nuclear eran 151 y 64 (Norman *et al.*, 2004). La contribución de la transferencia de embriones a los toros probados y activos en inseminación artificial se muestra también en el Cuadro 3. Como es de esperarse, muchas de las vacas con las calificaciones más altas (Elite) proceden de transferencia embrionaria, aunque en términos generales ésta no constituye una fuente importante de vacas.

Los incentivos para las explotaciones participantes constituyen un componente importante del programa de las pruebas de progenie. Una encuesta que realizó la organización comercial de inseminación artificial denominada Asociación Nacional de Criadores de Animales (*NAAB*) incluyó los datos del 2002 procedentes de cinco compañías de inseminación artificial que muestrearon a la mayoría de los toros (1,040). Los 14,631 ranchos que cooperaron tuvieron un promedio de 242 vacas. Se otorgaron créditos para compras futuras de aproximadamente US\$10 por cada vaquilla resultante identificada y por cada reporte de facilidad de parto en las hijas. Como incentivo para usar rápidamente el semen de las pruebas de progenie, para hacer que las hijas parieran oportunamente y para continuar en los registros de la leche, se pagó un promedio de US\$50 por cada hija incluida en las evaluaciones tempranas de un toro (por lo general, las primeras tres). Un requerimiento para que una operación pueda participar como cooperadora y califique para obtener estas ventajas es que se enrole en un programa de registro de leche, contribuyendo así a las evaluaciones genéticas. Los encuestados calcularon que el 45% de las explotaciones cooperadoras dejaría de participar en las pruebas en el supuesto caso de que se suspendiesen los incentivos.

El propósito de las pruebas de progenie es seleccionar a los mejores toros cruzados por su mérito superior de *pedigree*, con el fin de usarlos ampliamente. El hecho de definir el retorno al servicio mediante la adición de 200 hijas en el período de 3 a 5 años posterior a la primera evaluación de las pruebas de progenie, produjo un porcentaje de graduación de animales Holstein de 7.5 (Powell *et al.*, 2003), aproximadamente 1 de cada 13 toros probados presentó retorno al servicio. Esta intensidad de selección es sólo una medida de un programa de pruebas de progenie. La exactitud y el éxito de un programa de pruebas de progenie se determina balanceando el número y el mérito del *pedigree* de los toros probados contra el número de vacas disponibles para servicio en las pruebas de progenie.

Evaluaciones Genéticas

El Laboratorio de los Programas de Mejoramiento Animal (*AIPL*) computa trimestralmente las evaluaciones genéticas de producción de leche, grasa y proteína, calificación de células somáticas, vida productiva (longevidad), facilidad de partos (hija y semental), tasa de preñez de las hijas (fertilidad de la hembra) y conformación, en razas

distintas a la Holstein. Las evaluaciones de la conformación del ganado Holstein proceden de la Asociación Holstein de EE.UU., y las evaluaciones de la fertilidad de los toros dedicados al servicio son computadas por los Sistemas de Manejo de Registros Lecheros (*Dairy Records Management Systems*, Raleigh, Carolina del Norte). Aunque no se ha fijado una fecha, es probable que las evaluaciones de la fertilidad de los toros dedicados al servicio se transfieran al *AIPL*, con el fin de utilizar de mejor manera el banco nacional de datos. Para producción, calificación de células somáticas, conformación, vida productiva y tasa de preñez de las hijas se utiliza un modelo animal, mientras que para facilidad de partos se utiliza un modelo de umbral del abuelo del padre materno (*threshold sire-maternal grandsire model*).

Los registros de producción se someten a diversos ajustes que consideran los efectos del medio ambiente antes de su procesamiento dentro del modelo animal. Estos preajustes incluyen edad, número de partos, número de ordeñas al día, días abiertos previos, duración de la lactancia y varianza heterogénea. El modelo toma en cuenta el número de partos y la edad, el grupo de manejo, el efecto permanente del ambiente y la interacción hato X toro (lo cual reduce el impacto de la existencia de hijas múltiples en una misma explotación). Los preajustes mejoran la eficiencia computacional, pero también el hecho de incluir los efectos del número de partos por la edad en el modelo, considera los efectos en caso de que dichos preajustes fuesen inadecuados. El Cuadro 4 muestra la heredabilidad de las diversas características de las cuales, las que se incluyeron más recientemente tienen índices menores de heredabilidad toda vez que requieren sustancialmente más observaciones para lograr la misma precisión en la evaluación.

Cuadro 4. Índices de heredabilidad utilizados en las evaluaciones de EE.UU.

Característica	Heredabilidad	Implementación
Leche, grasa, proteína	0.30; 0.35 para Pardo Suizo y Jersey	Varía \pm 0.05 dependiendo de la varianza del hato
Conformación	De 0.10 a 0.54 (ej.: soporte de la ubre de 0.20 a 0.24)	
Calif. de células somáticas	0.10	
Vida productiva	0.085	Las evaluaciones mejoraron con la información de otras características
Facilidad de partos	Directo 0.086 Materno 0.048	
Tasa de preñez de las hijas	0.04	

Siguiendo las recomendaciones de Interbull, la base genética de EE.UU. se actualiza cada cinco años definiendo el promedio del mérito genético de las vacas nacidas en los 5 años previos, ajustándolo a cero. Por ende, en febrero de 2005 habrá un cambio en la base para cada característica, pues la evaluación promedio de las vacas nacidas en 2000 se fijará en cero. Con respecto a la producción del ganado Holstein, las deducciones al *PTA* actual serán de aproximadamente 266, 8 y 8 Kg para leche, grasa y proteína, respectivamente. Debido a que la varianza de la base se actualiza al mismo tiempo, las deducciones serán mayores para los toros con evaluaciones bajas y menores para los mejores toros.

Índices

El creciente número de características evaluadas puede hacer de la selección del toro una tarea confusa. Incluso si se trata de sólo 2 ó 3 características, un índice capaz de combinarlas con base en su importancia resulta de gran utilidad. El Cuadro 5 resume la evolución de los índices primarios del mérito de acuerdo con el *USDA*. Un índice se reviste de la mayor utilidad cuando refleja con exactitud las metas de los productores. Comenzando desde 1984, se proporcionó el índice de producción de queso (*cheese yield index, CY\$*) además del índice del mérito primario para ayudar a los productores a recibir un premio por los sólidos que se utilizan en la fabricación de quesos y asignó mucho más peso a la proteína. Actualmente los índices del *USDA* incluyen el mérito neto (*NM\$*), el mérito por queso (*CM\$*) y el mérito por leche fluida (*FM\$*) que fueron diseñados para el

mercado general, el mercado del queso y el mercado de la leche líquida. El énfasis que se da en estos índices refleja la creciente proporción de la leche que se utiliza para la fabricación de productos lácteos, paralela a la reducción en el consumo de leche fluida, además del mayor interés en reducir los costos mediante un mejoramiento en las características corporales. Los índices deben ser capaces de prever los valores relativos de las características en el futuro, cuando estén en producción las hijas procedentes de los apareamientos realizados con base en los índices.

Cuadro 5. Historia de los principales cambios en los índices de selección del *USDA*, e índices actuales.

Características Incluidas	<i>PD\$</i> (1971)	<i>MFP\$</i> (1976)	<i>CY\$</i>¹ (1984)	<i>NM\$</i> (1994)	<i>NM\$</i> (2000)	<i>NM\$</i> (2003)	<i>CM\$</i>² (2003)	<i>FM\$</i>² (2003)
Leche	52	27	-2	6	5	0	-10	24
Grasa	48	46	45	25	21	22	18	22
Proteína	---	27	53	43	36	33	36	9
Vida productiva	---	---	---	20	14	11	9	11
Puntaje de células somáticas	---	---	---	-6	-9	-9	-7	-9
Ubre, compuesto	---	---	---	---	7	7	6	7
Patas y piernas, compuesto	---	---	---	---	4	4	3	4
Tamaño, compuesto	---	---	---	---	-4	-3	-2	-3
Tasa de preñez de las hijas	---	---	---	---	---	7	5	7
Dificultad de partos del toro en servicio	---	---	---	---	---	-2	-2	-2
Dificultad de partos de las hijas	---	---	---	---	---	-2	-2	-2

¹ El *CY\$* se proporciona además del *MFP\$*.

² El *CM\$* y el *FM\$* se ofrecieron por primera vez además del *NM\$* en 1999 y se actualizaron por última vez en 2003.

Selección

Además de las características individuales que aparecen en el Cuadro 5, también se realizaron evaluaciones de los componentes porcentuales (% de grasa y % de proteína). Por lo general en Estados Unidos –y tal vez en otros países– los precios de la leche en la granja se expresan usando pagos por los porcentajes de grasa o proteína. No obstante, estos precios “diferenciales” por porcentaje se aplican al precio que se paga por el volumen total de leche, de tal manera que el pago se hace realmente por la cantidad de grasa o proteína, y

no por su porcentaje. Los promedios de los 20 mejores toros seleccionados de acuerdo con varios criterios, ilustran la importancia de realizar la selección por la característica correcta (Cuadro 6). En cada caso los promedios para una característica alcanzan los mayores valores cuando se selecciona por dicha característica. Las pérdidas en la cantidad de leche, grasa, proteína o en el índice general –Dólares por el Mérito Neto– son sustanciales cuando se selecciona sólo con base en porcentajes.

Cuadro 6. PTA promedio para los mejores 20 toros Holstein seleccionados por leche, grasa, proteína, porcentaje de grasa, porcentaje de proteína o Mérito Neto.

Característica Aislada de Selección	PTA Promedio					
	Leche (Kg)	Grasa (Kg)	Proteína (Kg)	Grasa (%)	Proteína (%)	Mérito Neto (\$)
Leche	1,135	29	29	-0.11	-0.04	482
Grasa	842	41	29	0.10	0.03	584
Proteína	1,019	32	33	-0.04	0.03	555
Grasa, %	218	29	15	0.19	0.08	366
Proteína, %	269	20	19	0.10	0.11	386
Mérito Neto	836	33	28	0.02	0.03	640

Tendencias

A pesar del menor énfasis que se le ha asignado recientemente, la producción continúa mejorando genéticamente, considerada como un promedio de incremento anual de 107 Kg en el valor de apareamiento del ganado Holstein para la leche, durante los últimos 10 años. Es probable que algunos cambios menos deseables relacionados con el puntaje de células somáticas y la tasa de preñez de las hijas estén relacionados con el mejoramiento en la producción de leche; sin embargo, la tendencia positiva en términos de vida productiva indica una mejor durabilidad. Parece que en años recientes la tendencia en fertilidad muestra una línea plana, debido tal vez parcialmente a la selección por vida productiva, que se evaluó por primera vez en 1994. Las cifras detalladas sobre las tendencias genéticas y fenotípicas están disponibles en la siguiente página web:

<http://aipl.arsusda.gov/dynamic/trend/current/trndx.html>

Interbull

Estados Unidos ha participado en las evaluaciones de la Interbull desde que comenzaron en 1995. Conforme ha venido aumentando la confianza en las evaluaciones de la Interbull, han cambiado las reglas para aceptar estas evaluaciones como oficiales en la Unión Americana (que se utilizan tanto con fines comerciales como de *pedigree*). Actualmente, si una evaluación de Interbull incluye información adicional, es oficial. También se considera como oficial a la evaluación Interbull de toros que no tengan hijas en Estados Unidos. En el caso de los toros que sólo tengan datos en EE.UU., la evaluación de la *USDA* es la oficial.

La Interbull vende un servicio trimestral de evaluación de producción de leche, conformación y salud de la ubre (calificación de células somáticas). En la primavera del 2004 se corrió una prueba de longevidad del ganado Holstein con la expectativa de agregarla al servicio rutinario en agosto. Para finales del mismo año, podrá estar terminada una corrida de la prueba de facilidad de partos. La fertilidad de la hembra, probablemente sea la siguiente característica a considerar.

Una de las características del procedimiento de evaluación de la Interbull es el uso de correlaciones genéticas estimadas entre las evaluaciones procedentes de diferentes países. Dado que ningún par de países tiene una correlación genética perfecta (1.00), los datos foráneos siempre sufren descuentos o regresiones de magnitud, lo cual disminuye el peso que se les asigna. La correlación genética para producción de leche entre Estados Unidos, Canadá e Italia fue la mayor (0.96) seguida de Holanda (0.93). La investigación realizada por el *USDA* ha demostrado que una gran parte de la falta de concordancia entre las evaluaciones genéticas de varios países se puede atribuir a errores en la identificación del toro (Banos *et al.*, 2001). Independientemente de la sofisticación de los procedimientos y de la capacidad de las computadoras, no es posible corregir los errores de los datos mediante el procesamiento.

El estudio de las listas de los mejores toros en los diferentes países muestra que 1) Las correlaciones genéticas estimadas dan como resultado una categoría diferente en la escala de cada país, 2) Casi siempre un país tendrá más representación entre los mejores toros de acuerdo con su propia escala que con respecto a cualquier otra escala y 3) La representación puede presentar grandes diferencias por característica. Por ejemplo, los toros

de Estados Unidos reciben mayores puntajes por su mayor producción de leche que por su grasa.

Direcciones a Futuro

Continuará la tendencia a incrementar el énfasis en las características de salud y manejo. En la medida en que se recolecten los datos y se realicen las evaluaciones genéticas, los índices económicos se expandirán para considerar los nuevos aspectos relacionados con ingresos y gastos. Probablemente, la fertilidad del macho sea la próxima característica por agregar. Probablemente se tomarán en cuenta las diferencias en la tasa de madurez de las hijas de un toro y esto reducirá las fluctuaciones en las evaluaciones de producción de leche, que resultan de cambiar las proporciones de hijas de diferentes edades.

La selección asistida por marcadores ha atraído un gran interés y mucho esfuerzo de investigación. Los procedimientos de evaluación genética se podrán modificar después de identificar los genes que tengan un impacto importante sobre las características de valor económico.

Resumen

La industria lechera de Estados Unidos ha logrado generar un progreso genético efectivo, aunque es una de las menos centralizadas. El inmenso tamaño de la población y su gran programa de pruebas de progenie han sido elementos fundamentales en el logro de dicho progreso. La educación sobre las características usadas en la selección y la aplicación de índices para elevar al máximo las utilidades, son necesidades continuas en Estados Unidos y en el resto del mundo.

Referencias

Banos, G, Wiggans, G.R, and Powell, R.L. Impact of paternity errors in cow identification on genetic evaluations and international comparisons. *J. Dairy Sci.* 84:2522-2528. 2001.

- Norman, H.D., Lawlor, T.J., Wright, J.R., and Powell, R.L. Performance of Holstein clones in the United States. *J. Dairy Sci.* 87:729-738. 2004.
- Norman, H.D., Powell, R.L., Wright, J.R., and Sattler, C.G. Overview of progeny-test programs of artificial-insemination organizations in the United States. *J. Dairy Sci.* 84:1899-1912. 2001.
- Powell, R.L., Norman, H.D, and Sanders, A.H. Progeny testing and selection intensity for Holstein bulls in different countries. *J. Dairy Sci.* 86:3386-3393. 2003.
- Powell, R.L., and Sanders, A.H. State and national standardized lactation averages by breed for cows calving in 2001. *AIPL Res. Rpt. K2-02 (2-04)*. 2004.
<http://www.aipl.arsusda.gov/publish/dhi/current/lacavx.html>.