



**HANS
STÅLHAMMAR**

PhD. en Reproducción
Animal y Genética

Universidad de Ciencias
Agrarias de Suecia

Genetista Senior

VikingGenetics

Suecia

PROGRESO **GENÉTICO** EN LA **SALUD DEL GANADO**

Resumen

Un estudio de 9.6 millones de vacas lecheras ha mostrado que se puede lograr progreso genético en los rasgos de salud. La selección genómica aceleró dicho proceso tanto en machos como en hembras. El progreso genético se puede alcanzar tanto en rasgos de producción como de salud, aunque haya correlaciones negativas entre estos dos grupos de rasgos. Los resultados esperados de usar toros con alto mérito en rasgos de salud son sustancialmente grandes a nivel de hato y esto conduce a cambios significativos en la incidencia de enfermedades. A nivel nacional, los países nórdicos Suecia, Finlandia y Dinamarca han sido capaces de combinar niveles de alta producción con baja necesidad/uso de antibióticos.

71

Palabras clave: rasgos de salud, ganancia genética, selección genómica

Abstract

A study of 9.6 million dairy cows has demonstrated that genetic progress can be achieved in health traits. Genomic selection accelerated this process in both bulls and cows. Genetic progress can be achieved in both production and health traits, although there are negative correlations between these two groups of traits. The expected results of using bulls with high merit in health traits are substantially large at the herd level and this leads to significant changes in the incidence of diseases. At the national level, the Nordic countries Sweden, Finland and Denmark have been able to combine levels of high production with low need/use of antibiotics.

Keywords: health traits, genetic gain, genomic selection

Introducción

El balance entre capacidad de producción mejorada y la salud de la vaca es importante para la rentabilidad en ganadería lechera. Se puede comparar el desarrollo de rendimiento en esquemas de controles o registros lecheros, el desafío es producir vacas saludables. Los rasgos de salud son complejos, económicamente importantes, tienen baja heredabilidad en general y son difíciles de registrar. La necesidad de incluir rasgos de salud en los trabajos de cría es fundamental debido a la correlación negativa entre rasgos de producción y de salud. Más allá de esto, los rasgos de salud tienen un valor adicional cuando el uso de antibióticos está

restringido por regulaciones o si hay una fuerte demanda de productos de salud. En años recientes se ha observado una implementación a nivel mundial de selección genómica en ganado de leche. Este artículo desarrolla las siguientes preguntas: ¿La introducción de selección genómica ha influenciado la tendencia genética en rasgos de salud? y ¿pueden los productores lecheros de Colombia alcanzar progreso genético en rasgos de salud?

Antecedentes

En los países escandinavos Dinamarca, Suecia y Finlandia, la empresa líder en genética promueve rasgos que mejoran salud, fertilidad, y alta producción en un programa conjunto de cría con Holstein, Rojo Vikingo (RV) y Jersey. Las asociaciones lecheras en los tres países han establecido conjuntamente un objetivo de cría, eligiendo como objetivo las vacas lecheras más rentables para las condiciones nórdicas. Este índice de Mérito Total Nórdico (NTM, por sus siglas en inglés) combina 60 subrasgos en 14 rasgos principales. En el índice NTM, todos los rasgos son de importancia económica y las ponderaciones son de 50% para rasgos de salud y fertilidad, 30% para los de producción y 20% para los de conformación.

La piedra angular del trabajo de cría es un único sistema de registro nórdico que contiene los controles lecheros de 900,000 vacas por año. Los países nórdicos fueron pioneros en la cría por rasgos de salud y fertilidad y ahora tienen más de 40 años de experiencia. El índice de salud general está basado en registros veterinarios de más de 80 diagnósticos, los cuales han sido registrados desde 1987. Los registros de resistencia a mastitis empezaron en

1982 y los datos de salud de pezuña empezaron en 2003. Una fortaleza del sistema de registro es que los datos están basados en un enorme número de vacas, en todo tipo de ambientes, en vez de hatos selectos. Este volumen de datos permite la cría sostenible para mejor salud y mayor producción al mismo tiempo:

- 90% de las vacas en los países nórdicos tienen control lechero.
- 90% de las vacas contribuyen a los registros de mastitis y salud en general.
- 85% de las vacas tienen registros de fertilidad.
- 40% de las vacas proveen información de salud de pezuña.

Estos países escandinavos desarrollan programas de cría para Holstein, RV y Jersey. En 2008, los primeros valores genéticos mejorados con genómica estuvieron disponibles para Holstein y un año más tarde para RV y Jersey. La población de referencia usada en febrero de 2018 se muestra en la Tabla 1. El alto número de toros Holstein incluidos en la referencia se debe a la cooperación dentro del EuroGenomics, un programa de intercambio entre Francia, Holanda, Alemania, España, Polonia y los países nórdicos. Estos países escandinavos también han promovido activamente la prueba genómica para novillas y por lo menos 60,000 hembras son probadas cada año. La Tabla 2 muestra la confiabilidad de los toros en 2016 para los 14 rasgos del NTM y el *frame* (talla). Dinamarca, Suecia y Finlandia hacen pruebas genómicas en 6,000 terneros y hacen pruebas de progenie en 220 toros por año.

Tabla 1. Tamaño de población de referencia usado para la estimación de valores genéticos en febrero de 2018

Razas	Población de referencia	
	Toros	Vacas
Holstein	35,400*	34,000
RV	8,900**	35,700
Jersey	2,700***	19,000

*Incluye toros de la cooperación EuroGenomics. **Incluye toros de Noruega. ***Incluye toros de USA

Tabla 2. Confiabilidad media de valores genéticos mejorados con genómica en toros nacidos en 2016

Índices de rasgos	Holstein	RV	Jersey
Producción	0.78	0.75	0.73
Crecimiento	0.70	0.58	0.33
Fertilidad	0.74	0.65	0.58
Nacimiento	0.74	0.67	0.54
Parto	0.71	0.60	0.44
Salud de ubre	0.76	0.70	0.65
Salud general	0.62	0.56	0.49
Salud de pezuña	0.59	0.52	0.46
Longevidad	0.70	0.55	0.51
Frame (no está en el NTM)	0.72	0.59	0.61
Pata y pezuña	0.64	0.64	0.57
Ubre	0.73	0.64	0.65
Facilidad de ordeño	0.75	0.75	0.60
Temperamento	0.68	0.60	0.44
Supervivencia	0.57	0.50	n.a.

Materiales

Los datos en este estudio vienen de los índices producidos en agosto de 2018 por la Evaluación Genética de Ganado Nórdico (NAV, por sus siglas en inglés). El estudio cubre animales nacidos entre 2000 y 2017. Los valores genéticos promedio fueron estimados por año y la tendencia genética fue calculada para tres periodos diferentes: antes de la introducción de selección genómica (2000-2007), el periodo de selección genómica temprano (2008-2012) y el de selección genómica tardío (2013-2017). El periodo de selección genómica temprano empezó un año antes para el Holstein.

Los rasgos incluidos en el estudio son del índice NTM, el cual es un índice de selección que combina 14 rasgos diferentes de producción, salud

y conformación. El índice de producción es una combinación de valores genéticos de producción de leche, grasa y proteína. El índice de fertilidad es una combinación de cinco rasgos de fertilidad. El índice de salud de pezuña combina siete desórdenes diferentes registrados por podólogos. El índice de salud de ubre está basado en diagnósticos veterinarios. El índice de salud general combina cinco grupos de rasgos diferentes. Estos grupos son desórdenes reproductivos tempranos y tardíos, cetosis, otras enfermedades metabólicas y problemas de pata y pezuña. Los valores genéticos son estimados usando información de las primeras tres lactancias. Los valores genéticos están expresados con una media de 0 para el NTM y 100 para los subrasgos, y la desviación estándar es de 10 unidades. La Tabla 3 muestra los números de machos y hembras incluidos en el estudio. Se puede encontrar más información sobre los valores genéticos en <https://goo.gl/m8rhDq>

Tabla 3. Número de animales incluidos en la investigación

Sexo	Holstein	RV	Jersey
Machos	4,647	3,378	974
Hembras	6,155,669	2,727,483	700,836

Resultados

Holstein

Las tablas 4 y 5 muestran la ganancia genética anual en hembras y machos Holstein. La ganancia genética anual en NTM fue alta en hembras y muy alta en machos en el primer periodo y se volvió mayor en el tercer periodo. La ganancia anual en índices de producción fue mayor en hembras que en machos en el primer periodo. Esto cambió en el tercer periodo, cuando la ganancia en índices de producción fue mayor en machos. El mejoramiento anual de los índices de fertilidad para machos fue igual en los periodos uno y tres. En hembras. La tendencia genética fue cercana a cero en el primer periodo e incrementó positivamente en el tercer periodo. Hubo tendencias positivas en general en los tres rasgos de salud en machos en ambos periodos. En hembras, la tendencia pasó de cero en el primer periodo a positiva en el tercer periodo.

La Figura 1 muestra la tendencia genética NTM en machos y hembras nacidos entre 2000 y 2017. La tendencia más alta en machos fue clara, con la diferencia entre los sexos incrementando con el tiempo. En las figuras 2 y 3, la ganancia genética en los subrasgos está presente tanto para toros como para vacas. La tendencia genética más positiva en machos que en hembras resultó en una situación donde las medias de los machos fueron considerablemente mayores que las de las hembras en animales jóvenes, en los cinco rasgos. Las figuras 2 y 3 también muestran que fue posible conseguir progreso genético tanto en rasgos de producción como en rasgos de salud al mismo tiempo, a pesar de la correlación genética negativa entre los dos grupos de rasgos.

Tabla 4. Ganancia genética anual de toros para IA Holstein escandinavo en los tres periodos

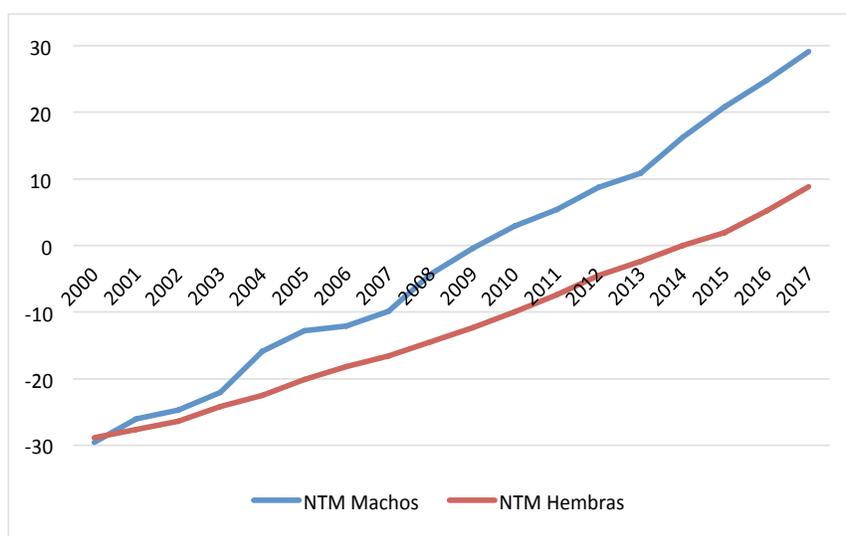
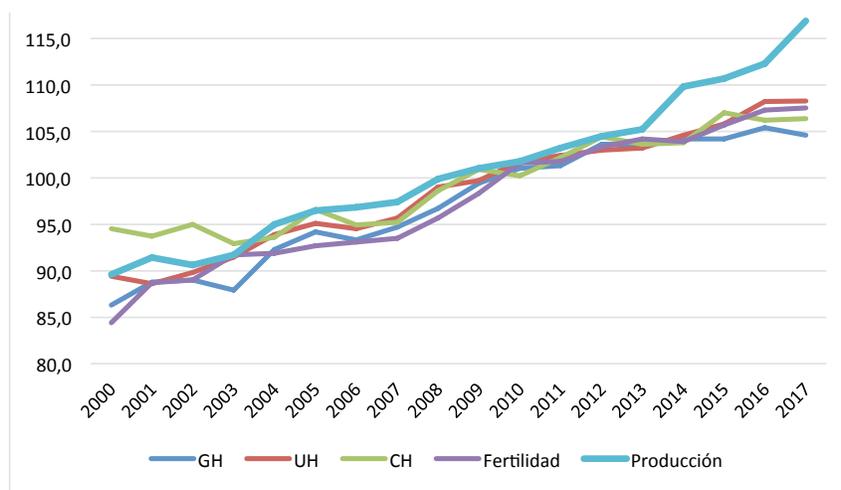
Rasgos	Periodos		
	2000 -2007*	2008-2012**	2013-2017**
NTM	3.3	3.2	4.5
Índice de producción	1.2	1.1	2.6
Índice de fertilidad	1.2	1.9	1.0
Índice de salud de pezuña	0.2	1.3	0.8
Índice de salud de ubre	1.1	1.1	1.4
Índice de salud general	1.2	1.6	0.3

*Antes de la selección genómica (GS, por sus siglas en inglés). **Periodo de GS temprano.

***Periodo de GS tardío

Tabla 5. Ganancia genética anual en hembras Holstein en los tres periodos

Rangos	Periodos		
	2000 -2007	2008-2012	2013-2017
NTM	1.8	2.5	2.8
Índice de producción	1.7	1.4	1.7
Índice de fertilidad	-0.1	0.	0.6
Índice de salud de pezuña	0.0	0.7	0.5
Índice de salud de ubre	0.1	0.6	0.7
Índice de salud general	0.2	1.0	0.5


Figura 1. Tendencia genética de NTM en hembras y toros para IA Holstein escandinavo

Figura 2. Tendencia genética de producción, fertilidad, salud general (GH, por sus siglas en inglés), salud de ubre (UH, por sus siglas en inglés) y salud de pezuña (CH, por sus siglas en inglés) en toros para IA Holstein escandinavo

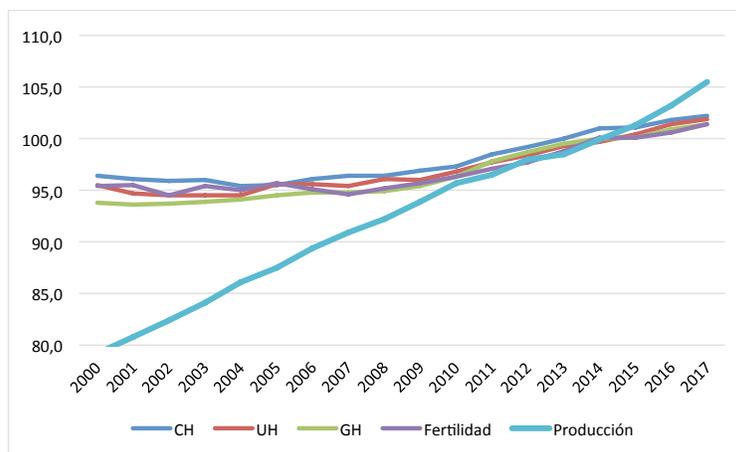


Figura 3. Tendencia genética de producción, fertilidad, salud general (GH, por sus siglas en inglés), salud de ubre (UH, por sus siglas en inglés) y salud de pezuña (CH, por sus siglas en inglés) en hembras Holstein

Rojo Vikingo

Las tablas 6 y 7 muestran la ganancia genética anual en toros para IA RV y hembras RV. La ganancia genética anual de NTM fue alta y de la misma magnitud tanto en hembras como en machos en el primer periodo. La tendencia se volvió marcadamente más alta en machos en el tercer periodo. La ganancia anual del índice de producción fue mayor en hembras que en machos en el primer periodo. Esto cambió en el tercer periodo, cuando el incremento en el índice de producción fue mayor en machos. La ganancia del índice de producción fue de hecho más baja en hembras en el tercer periodo que en el primero. El mejoramiento anual del índice de fertilidad fue cercano a cero en machos y hembras tanto en el primer periodo como en el segundo. La tendencia pasó de ser cercana a cero en el primer periodo a ser positiva en el tercero tanto para machos como para hembras para los tres rasgos de salud.

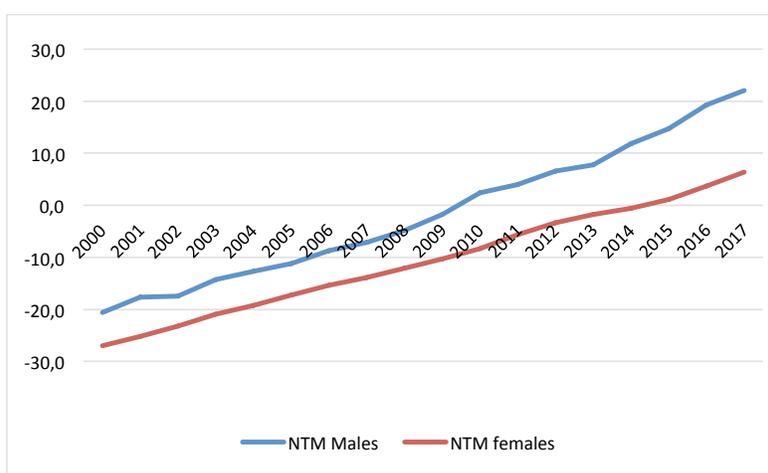
La Figura 4 muestra la tendencia genética en NTM tanto en machos como en hembras nacidos entre 2000 y 2017. La tendencia mayor en machos es evidente, haciendo la diferencia entre sexos más grande. Como con el ganado Holstein, la categoría de edad más joven de machos tuvo mayores valores genéticos promedio que la categoría correspondiente de hembras, en los cinco rasgos.

Tabla 6. Ganancia genética anual en toros para IA RV en los tres periodos

Rasgos	Periodos		
	2000 -2008	2009-2012	2013-2017
NTM	1.9	2.7	3.6
Índice de producción	1.1	1.3	1.9
Índice de fertilidad	0.1	1.1	0.1
Índice de salud de pezuña	0.3	1.2	1.1
Índice de salud de ubre	0.1	0.1	-0.1
Índice de salud general	-0.1	0.0	0.3

Tabla 7. Ganancia genética anual en hembras RV en los tres periodos

Rasgos	Periodos		
	2000 -2008	2009-2012	2013-2017
NTM	1.9	2.3	2.1
Índice de producción	1.4	1.2	1.0
Índice de fertilidad	-0.2	0.8	0.1
Índice de salud de pezuña	-0.3	0.6	0.2
Índice de salud de ubre	0.2	0.2	0.7
Índice de salud general	-0.1	-0.2	0.1


Figura 4. Tendencia genética de NTM en toros para IA RV y hembras RV.

Jersey

Las tablas 8 y 9 muestran la ganancia genética anual en toros para IA Jersey y hembras Jersey. La ganancia genética anual en NTM fue alta tanto en hembras como en machos en el primer periodo y se volvió incluso mayor en el tercer periodo. La ganancia anual del índice de producción fue de la misma magnitud en ambos sexos en el primer periodo. Esto cambió en el tercer periodo, cuando la ganancia fue muy alta en machos. El mejoramiento anual del índice de fertilidad fue de la misma magnitud en machos tanto en el primer como en el tercer periodo. En hembras, la tendencia

del índice de fertilidad fue cercana a cero en el primer periodo y mostró un fuerte incremento en el tercero. El índice de salud general fue el único de los tres rasgos de salud que mostró una tendencia positiva en machos en el primer periodo. En el tercer periodo, el índice de salud de ubre también mostró un desarrollo claramente positivo. Las tendencias para los tres rasgos de salud fueron negativas o cercanas a cero en el primer periodo en hembras. En el tercer periodo, una fuerte tendencia positiva se estableció en el índice de salud de ubre.

La Figura 5 muestra la tendencia genética de NTM tanto en machos como en hembras nacidos entre 2000 y 2017. La mayor tendencia en machos fue clara, haciendo más amplia la diferencia entre sexos con el tiempo. También como en el ganado Jersey, los toretes tuvieron valores genéticos más altos que las hembras en los rasgos incluidos en este estudio.

Tabla 8. Ganancia genética anual en toros para IA Jersey escandinavo en los tres periodos

Rasgos	Periodos		
	2000 -2008	2009-2012	2013-2017
NTM	2.5	2.0	4.8
Índice de producción	1.7	1.8	3.0
Índice de fertilidad	0.5	-0.1	0.4
Índice de salud de pezuña	-0.1	-0.5	0.3
Índice de salud de ubre	0.1	1.0	0.9
Índice de salud general	0.9	0.1	0.8

Tabla 9. Ganancia genética anual en hembras Jersey en los tres periodos

Rasgos	Periodos		
	2000 -2008	2009-2012	2013-2017
NTM	1.7	2.2	2.6
Índice de producción	1.6	1.5	1.8
Índice de fertilidad	0.0	0.2	0.8
Índice de salud de pezuña	0.1	-0.3	0.1
Índice de salud de ubre	0.1	1.0	0.9
Índice de salud general	0.2	0.4	0.4

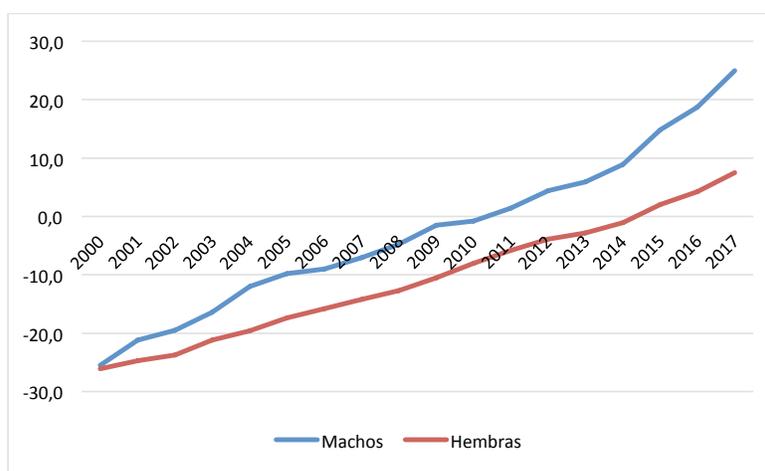


Figura 5. Tendencia genética en NTM de toros para IA Jersey y hembras Jersey escandinavas

Discusión

Este estudio, primer periodo

En este estudio, las tres razas mostraron una fuerte tendencia genética positiva tanto en machos como en hembras en los índices NTM y de producción en el primer periodo. Solo la Holstein tuvo una clara tendencia genética positiva en rasgos de fertilidad y salud en machos durante el primer periodo. Una razón para esto es que los rasgos de salud han tenido un mayor peso económico en Holstein que en las otras razas. En hembras, ningún rasgo de salud o fertilidad tuvo una tendencia positiva clara en el primer periodo. Esto se puede explicar por el hecho de que el promedio de los valores genéticos de los machos fue menor que el promedio de las hembras.

La Figura 6 muestra la situación de salud de ubre en Holstein. La tendencia genética en machos fue negativa hasta 2001. En 2008, la media de toros para IA fue mayor que la media de hembras. No fue hasta que la media de la prueba de machos fue mayor que la media de la prueba de hembras que la tendencia de las hembras empezó a mejorar. Los rasgos de salud fueron incluidos en los objetivos de cría de los países nórdicos en el primer periodo. Es más probable que la tendencia genética, tanto en machos como en hembras, en rasgos de salud hubiera sido fuertemente negativa en una situación en la que los rasgos de salud fueran ignorados.

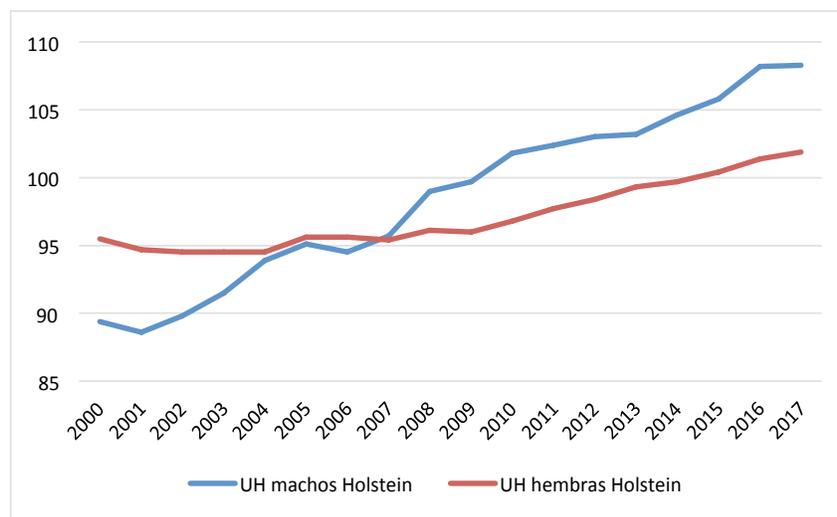


Figura 6. Tendencia genética en salud de ubre en machos y hembras Holstein

Este estudio, periodo tres

Las tres razas tuvieron un aumento en la tendencia genética de NTM, tanto en machos como en hembras, entre el primer y el tercer periodo. Los machos también mostraron una clara mejora en la tendencia del índice de producción, mientras que las hembras tuvieron una tendencia similar en ambos periodos. En fertilidad, la tendencia genética para machos en el tercer periodo fue de la misma magnitud que en el primero. Sin embargo, en hembras la tendencia genética mejoró en dos razas: Holstein y Jersey, en el tercer periodo. La única excepción clara fue el índice general de salud en Holstein. En hembras, se observó una mejora de la mayoría de los rasgos de salud entre el primer y tercer periodo. Este incremento en salud de ubre fue especialmente marcado.

La transición a la selección genómica ha implicado muchos cambios para los programas de cría de los países escandinavos. Cambios más importantes: la mayoría del semen vendido hoy es de toretes genómicos, los toretes ahora son apuntados para padres, menos toros por año son iniciados para IA y el intervalo generacional es más corto.

Meuwissen *et al.* (2001) sugieren que la selección usando mapas de marcadores a nivel genómico incrementaría dramáticamente la ganancia genética debido a la mejor precisión y a los intervalos generacionales disminuidos. Esto debería incluir también rasgos con baja heredabilidad. Schaeffer (2006) aplicó una estrategia para selección a nivel genómico en una simulación con ganado lechero, lo que resultó en mejoras de la ganancia genética y disminución de costos. Desde

entonces, la selección genómica ha cambiado la forma como las compañías de cría de ganado organizan sus agendas de trabajo. En este estudio, los pronósticos hechos por Meuwissen y Schaeffer han sido conectados con un incremento de la tasa de ganancia genética tanto en NTM como en los índices de producción, fertilidad y salud. Aun así, el mayor progreso año tras año se da en la producción. Sin embargo, han iniciado mejoras en los rasgos de fertilidad y salud en hembras y la expectativa es que este desarrollo positivo en hembras continuará en los próximos años. La razón para esta perspectiva optimista es el hecho de que en todos los rasgos estudiados en las tres razas la media para los toretes es mayor que la media de las hembras.

Efecto de usar toros de alto mérito

La discusión anterior ha cubierto el progreso a nivel poblacional. En esta parte, el foco será sobre el efecto en el desempeño fenotípico de la descendencia de un toro o grupo de toros con cierto mérito en uno de los rasgos de salud. La Tabla 10 muestra el efecto esperado en la media del desempeño de la descendencia, bajo condiciones nórdicas, de toros con valores genéticos de +/- 1 y +/- 2 desviaciones estándar de la media poblacional. El rasgo presentado en la Tabla 10 es resistencia a mastitis. La proporción de vacas tratadas para mastitis difieren entre razas, teniendo el RV la media más baja y el Jersey la más alta. En promedio, 11.7% de las vacas Holstein nórdicas son tratadas por mastitis. El 6.3% de las hijas de un toro con un valor genético de 120 (2 desviaciones estándar más alta que la media poblacional) se esperan ser tratadas en condiciones nórdicas. El segundo ejemplo es el ganado RV.

Tabla 10. Efecto esperado sobre la media del desempeño de la descendencia, en condiciones nórdicas, de toros con valores genéticos +/-1 y +/-2 desviaciones estándar (STD, por sus siglas en inglés) de la media poblacional para presencia de mastitis

Valor genético	-2 STD	-1 STD	Media	+1 STD	+2 STD
	80	90	100	110	120
Holstein	17.1%	14.0%	11.7%	9.0%	6.3%
RV	13.3%	9.5%	7.7%	5.9%	4.1%
Jersey	19.5%	17.0%	14.4%	11.9%	9.3%

Fuente: *Conversión de valores genéticos a desempeño esperado de la descendencia.* (S.F.)
 Recuperado de nordic.mloy.fi/NAVBull/Help

En promedio, 7.7% de las vacas RV nórdicas son tratadas por mastitis. El 4.1% de las hijas de un toro RV con un valor genético de 120 se espera que sufran la enfermedad. El 14.4% de las vacas Jersey nórdicas son tratadas por mastitis al año. El 9.3% de las hijas de un toro Jersey con una prueba de 120 se esperan ser tratadas por mastitis. Si el productor ha escogido un toro con un valor genético por debajo de la media, el efecto sería en la dirección opuesta de la media.

Si los toros no tienen valor genético para el rasgo de salud, el productor no tendría información sobre la cual basar su decisión. Estas situaciones incluso más complicada ya que la mayoría de rasgos de salud tienen una correlación genética desfavorable con la producción. Se pueden encontrar más alternativas para convertir valores genéticos en fenotipos esperados en <https://nordic.mloy.fi/NAVBull/Help>.

al uso de antibióticos. Con un acceso limitado a antibióticos, la industria lechera se ha visto obligada a encontrar otras formas, tanto en manejo como en genética, para mantener las vacas saludables. Este trabajo de cría es un proyecto a largo plazo y las ganancias son acumulativas, el progreso de este año se suma a lo que se ha alcanzado en años anteriores. Una comparación hecha de valores genéticos internacionales de Interbull revela que, en la escala nórdica, el valor genético promedio en salud de ubre para toros de países nórdicos fue mayor que la media de toros de cualquier otro país en Holstein, RV y Jersey (landbrugsinfo.dk, 2018). El uso restringido de antibióticos se puede ver también en el reporte de la Agencia de Medicamento Europea (EMA, por sus siglas en inglés), de 2017: “Venta de agentes antimicrobianos en 30 países europeos en 2015”. De acuerdo con este reporte, Suecia, Finlandia y Dinamarca tienen un bajo uso de antibióticos en general.

Horizonte nórdico

Una defensa natural contra enfermedades en los genes está en el corazón de la filosofía de los países escandinavos. Los países nórdicos tienen muy estrictas regulaciones veterinarias respecto

La producción anual de leche por vaca es alta en los países nórdicos. La Tabla 11 muestra el promedio de producción de leche, grasa y proteína de todas las vacas en control lechero en los tres países en 2017. Los registros son del Comité Internacional de Registro Animal (ICAR, por sus siglas en inglés). En una comparación internacional, los niveles de producción en Dinamarca, Finlandia y Suecia son muy altos.

Tabla 11. Producción promedio de las vacas en control en Dinamarca, Finlandia y Suecia en 2017

Razas	Dinamarca			Finlandia			Suecia		
	Hol	RV	Jersey	Hol	RV	Jersey	Hol	RV	Jersey
Producción de leche, kg	10707	951	7339	10243	9228	8045	10325	9161	6989
Producción de grasa, kg	435	419	438	424	411	421	424	402	415
Producción de proteína, kg	368	346	308	353	329	312	359	333	290

Fuente: International Animal Recording Committee (ICAR)

Horizonte colombiano

Se ha alcanzado una mejora genética sustancial en rasgos de salud en los países nórdicos. ¿Puede un productor colombiano mejorar la salud de su hato mediante la genética? Los rasgos de salud son heredables. Algunos toros heredan un buen mérito y otros un pobre mérito en salud. ¿Pueden los toros con hijas saludables en los países nórdicos tener también hijas con buen desempeño en Colombia? La pregunta clave es sobre la dimensión de la correlación genética de los rasgos de salud entre Colombia y los países nórdicos. No se tienen estimaciones de las correlaciones entre Colombia

y los países nórdicos, sin embargo, la Tabla 12 muestra las correlaciones genéticas estimadas por Interbull entre los países nórdicos y algunos países tropicales y subtropicales como Australia, México y Uruguay. Las correlaciones genéticas para Puntaje de Células Somáticas¹ (SCS, por sus siglas en inglés) y resistencia a mastitis son ligeramente mayores que las correlaciones genéticas para los rasgos de producción. Esto indica que un productor colombiano que usa toros extranjeros basado en sus pruebas de producción podría usar con más alta expectativa toros nórdicos basado en sus méritos en rasgos de salud.

¹ El SCS es una conversión logarítmica del Recuento de Células Somáticas (RCS) (usualmente mediante la fórmula $SCS = \text{Log}_2(RCS/100000) + 3$) que permite un mejor análisis estadístico de los datos. El SCS no está en términos de miles como el RCS sino en términos de unidades.

Tabla 12. Correlaciones genéticas para rasgos de producción, SCS y resistencia a mastitis entre países nórdicos y algunos países tropicales y subtropicales

Rasgo	Australia	Uruguay	México
Producción de leche	0.75	0.80	0.80
Producción de grasa	0.73	0.80	0.81
Producción de proteína	0.69	0.80	0.81
SCS	0.89	0.88	No disponible
Resistencia a mastitis	0.85	0.88	No disponible

Fuente: Interbull Centre - Department of Animal Breeding and Genetics. Correlaciones genéticas entre países estimadas por Interbull. (2017). Recuperado de http://interbull.org/ib/maceev_archive

La Figura 7 muestra la relación entre pruebas de toros Holstein basadas en registros de hijas en Australia y países nórdicos. La tendencia general es, si un toro tiene hijas en países nórdicos con buena salud de ubre, expresada como pocos tratamientos de mastitis, las hijas del mismo toro en Australia tienen, en promedio, bajo conteo de células somáticas. Esto indica que se puede esperar una situación similar también en condiciones colombianas. Al final de cuentas, los productores colombianos pueden mejorar la economía mediante la selección por rasgos de salud y producción al mismo tiempo. La cría en ganado lechero es un proyecto a largo plazo y el progreso futuro se sumará a los logros acumulados que ya se han alcanzado.

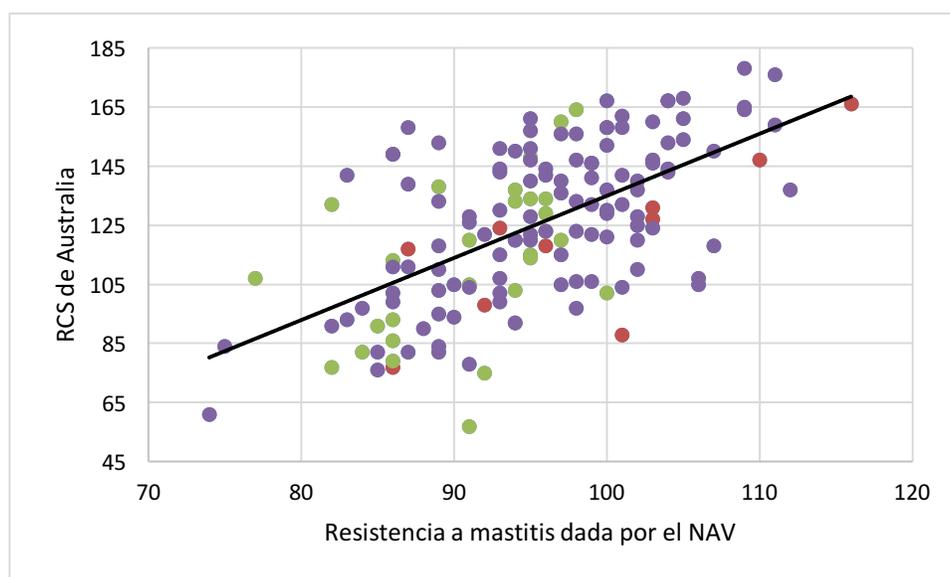


Figura 7. Relación entre los resultados de las hijas nórdicas y australianas de toros Holstein. El rasgo en Australia es RCS y el rasgo nórdico es resistencia a mastitis

Conclusiones

- Este estudio muestra que los productores nórdicos fueron capaces de generar progreso genético en rasgos de salud por selección en una situación anterior a la genómica. La introducción de la selección genómica incrementó el número de rasgos con tendencia genética positiva. Fue posible alcanzar progreso genético tanto en rasgos de salud como de producción al mismo tiempo.

- El uso de toros de alto mérito para rasgos de salud tiene un impacto significativo a nivel del hato y puede reducir dramáticamente la incidencia de enfermedades.

- En Suecia, Finlandia y Dinamarca, la combinación de estatus de buena salud (bajo uso de antibióticos) y altos niveles de producción se han alcanzado a nivel nacional.

- Basados en la suposición de que la correlación genética entre Colombia y los países nórdicos está en el mismo orden que entre los países nórdicos y otros países tropicales y subtropicales, los productores colombianos pueden mejorar los rasgos de salud en sus hatos mediante el uso de toros nórdicos con alto mérito para dichos rasgos.

Referencias

Conversión de valores genéticos a desempeño esperado de la descendencia. (S.F.)
Recuperado de nordic.mloy.fi/NAVbull/Help

Información de producción del ICAR. (S.F.)
Recuperado de icar.org/survey/pages/tables.php

Interbull Centre - Department of Animal Breeding and Genetics. *Correlaciones genéticas entre países estimadas por Interbull*. (2017).
Recuperado de http://interbull.org/ib/maceev_archive

Meuwissen, T. H. E., Hayes, B. J. & Goddard, M.E. (2001). Prediction of total genetic value using genome-wide dense marker maps. *Genetics*, 157, 1819-1829.

Nordic Cattle Genetic Evaluation. (2017).
Descripción de los rasgos evaluados.
Recuperado de nordicebv.info/wp-content/uploads/2018/03/NAV-routine-genetic-evaluation-032018.pdf

Schaeffer, L. R. (2006). Strategy for applying genome-wide selection in dairy cattle. *J. Anim. Breed. Genet.*, 123(4), 218-223.

Recuperado de landbrugsinfo.dk/kvaeg/avl/udenlandske-avlsvaerdital/sider/interbull_info_0418.pdf