

# Hablamos de selección genómica III

## Progreso genético, consanguinidad y estrategias de acoplamiento en la era genómica

### 1. Introducción

Los programas de mejora genética tradicionales han generado mucho progreso genético en los últimos 50 años, sobre todo en caracteres productivos. La creación de programas de testaje, la instauración de evaluaciones genéticas nacionales y luego internacionales y las continuas mejoras en los métodos y los modelos con los que se hacen estas evaluaciones han sido claves para tomar buenas decisiones de selección a la hora de elegir los padres de las siguientes generaciones. Dicho proceso de selección, se ha traducido en un creciente nivel genético de una generación a otra y de forma sostenida.

La información genómica, va a poner más de manifiesto ese progreso genético que han generado los programas de mejora genética tradicionales en las últimas décadas y esa mejora se va a notar más en los caracteres de baja heredabilidad y los caracteres que se miden a edades muy avanzadas.

En este artículo, hablaremos de cómo afecta la selección genómica al progreso genético, la consanguinidad y las estrategias de acoplamiento en los programas de mejora genética.

### 2. Cómo afecta la selección genómica a los componentes del progreso genético

El progreso genético por año para un carácter determinado se calcula según la siguiente fórmula:

$$\text{El progreso genético/año} = \frac{\text{Intensidad de selección} * \text{Fiabilidad} * \sqrt{\text{Variabilidad genética}}}{\text{Intervalo generacional}}$$

Asimismo, el progreso genético depende de:

- La intensidad de selección.
- La fiabilidad de la valoración genética.

- La variabilidad genética del carácter en cuestión.

- El intervalo entre generaciones.

Para aumentar el progreso genético se puede actuar a tres niveles:

- Aumentando la fiabilidad de las pruebas.
- Reduciendo el intervalo entre generaciones.
- Aumentando la intensidad de selección.

La variabilidad genética de un carácter se supone que es constante en una población suficientemente grande.

Con la información genómica, se obtiene un índice llamado índice genómico nada más nacer el animal, con una fiabilidad superior a la fiabilidad del tradicional índice de pedigrí. Eso hace que se reduzcan los intervalos de tiempo que antes había que esperar para tomar decisiones de selección con una información fiable, tanto para los machos como para las hembras. Y por lo tanto se reduce el intervalo generacional.

Con una fiabilidad del 35%, que es la fiabilidad media del índice de pedigrí, no se puede utilizar un macho en una población muy grande de vacas, de hecho las vacas inseminadas con toros en prueba no deben sobrepasar el 20% del número total de las vacas en un rebaño. Los centros de testaje deben distribuir un número mínimo de dosis de los toros jóvenes, que les permita tener suficiente número de hijas para obtener su prueba oficial y esperar hasta que salga dicha prueba para comercializar su semen de forma masiva.

Utilizando la información genómica, se obtiene un índice genómico con una fiabilidad que oscila entre el 50 y el 70%. El porcentaje de vacas que se puede inseminar con toros con prueba genómica, puede superar perfectamente el 20%, ya establecido para los toros en prueba, siempre que diversifiquemos y no se utilice de forma masiva el mismo animal en muchas vacas dentro del mismo rebaño. Eso hace que los toros genómicos sean más útiles para maximizar las ganancias genéticas que los llamados toros en prueba o toros jóvenes, dado que representan una genética nueva, relativa-

mente fiable y no hace falta esperar 5 años, hasta que salgan sus pruebas de progenie, para poder utilizarlos de forma masiva en la población.

Aumentando la fiabilidad de las pruebas con las que se toman las decisiones y reduciendo el tiempo necesario para tener una prueba fiable, se puede aumentar el número de animales candidatos a la selección dado que el coste de poner un animal en testaje se reduce de forma significativa. Esto hace que realmente estemos aumentando la intensidad de selección.

Por lo tanto, la incorporación de la información genómica a los programas de mejora aumenta el progreso genético al reducir el intervalo generacional, subir la fiabilidad de la pruebas y aumentar la intensidad de selección.

**Varios estudios de simulación muestran un aumento en el progreso genético entre el esquema tradicional y el esquema genómico que varía del 49 al 231%.**

### 3. Consanguinidad en la era genómica

La consanguinidad media en la población Frísón-Holstein a nivel mundial ha aumentado en la última década hasta el punto de empezar a ser una preocupación para muchos ganaderos. La genética mundial proviene en su mayoría de tres o cuatro familias de toros, ya que todo el mundo busca utilizar las mejores familias para maximizar el progreso genético y eso ha reducido la variabilidad genética.

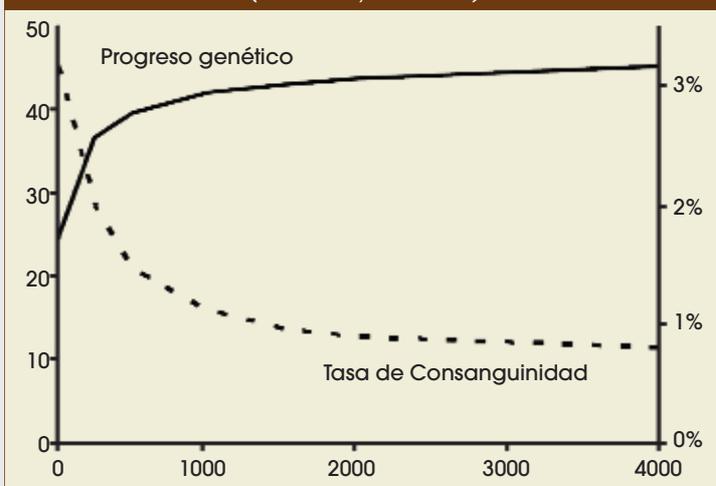
Daetwyler y col. (2007), afirman que el uso de la información genómica hará que disminuya la tasa de consanguinidad en comparación con el esquema de selección convencional basado en valores genéticos BLUP, dado que la selección se hará basándose en los méritos genéticos propios más que en el índice de pedigrí. Esto hace que los hermanos completos que antes tenían la misma oportunidad de ser seleccionados al tener el mismo índice de pedigrí, con la información genómica sus índices genéticos serán distintos y, por lo tanto, se seleccionan menos animales emparentados y se buscan nuevos acoplamientos. Aunque Hugh y col. (2011) advierten que una elevada reducción del intervalo generacional podría llevar a un repunte en las tasas de consanguinidad.

En la gráfica 1, Sorensen y col (2010) en un trabajo de simulación muestran cómo varían el progreso genético y la tasa de consanguinidad en función del número de animales genotipados por año. El aumento del número de animales genotipados, incrementa de forma rápida el progreso genético hasta llegar a un determinado número de animales a partir del cual dicho incremento pierde intensidad. Sin embargo, seguir aumentando el número de animales genotipados continúa siendo útil porque, aunque no incrementa de forma significativa el progreso genético, disminuye la tasa de consanguinidad. Genotipar hembras y machos de forma masiva en una población, es la mejor forma para maximizar el progreso genético y reducir la tasa de consanguinidad.

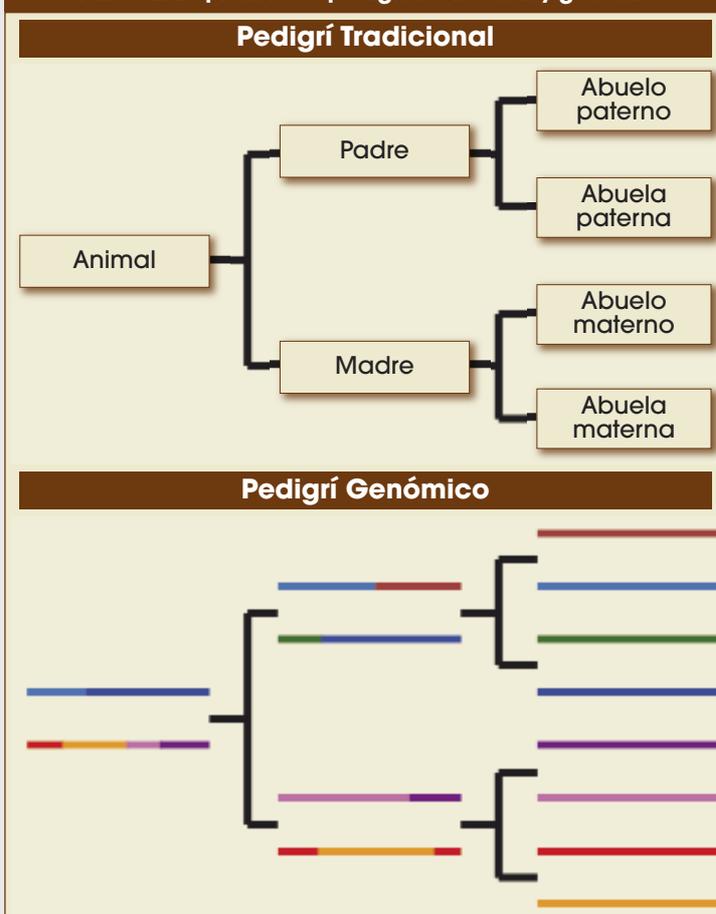
Tradicionalmente en la genética cuantitativa, se supone que un animal recibe un gameto materno y otro paterno, que forman el cromosoma de dicho animal y luego a su vez transmite uno de ellos a cada uno de sus hijos. Por lo tanto, recibe la mitad de los genes de su padre y la otra mitad de su madre, y segrega de forma conjunta esos genes a sus hijos. Por ello, el coeficiente de relación de parentesco de un animal con sus padres es de 0,5 y con sus abuelos es de 0,25. Pero eso no

es del todo cierto. Con la información genómica en la mano nos damos cuenta de que esa segregación de genes no se hace a partes iguales y que un animal puede tener mucha relación con uno de sus abuelos, porque comparten muchos más genes que con los demás (Ver el esquema del pedigrí genómico). Eso ha llevado Van Raden (2007) a afirmar que las matrices genómicas de relación de parentesco estiman mejor el grado de parentesco de un animal con sus parientes, porque tienen en cuenta la proporción de genes idénticos que comparte con sus parientes y eso nos lleva a calcular con más exactitud las tasas de consanguinidad.

**Gráfico 1. Progreso genético y Tasa de consanguinidad en función del número de animales genotipados por año**  
(Sorensen y col., 2010)



**Gráfico 2. Esquemas de pedigrí tradicional y genómico**



## 4. Estrategias de acoplamientos en la era genómica

Son muchos los que hoy en día hablan de acoplamiento genómico. Un acoplamiento genómico es un acoplamiento dirigido que busca el mejor macho disponible para corregir las deficiencias genómicas que puede tener una determinada hembra para los diferentes caracteres de interés. Hay quien busca, con la información genómica disponible, identificar el genoma del animal ideal o el animal más rentable, aunque creo que sería más interesante para el ganadero usar la información genómica de nuestras vacas y los genotipos de los toros que tenemos a nuestra disposición para buscar el acoplamiento ideal que nos lleve a tener el animal más rentable como animal de reposición en nuestra ganadería.



## 5. Conclusiones

Los programas de selección genética han alcanzado niveles de mejora en muchos caracteres, basándose en las informaciones fenotípicas y las relaciones de parentesco registradas para dicho fin. Los programas de testaje han funcionado muy bien con las pruebas por descendencia y han alcanzado niveles muy altos de fiabilidad y de progreso genético.

La selección genómica viene a dar un impulso mayor a todos esos resultados que se han conseguido con el esquema tradicional:

- Con la genómica se implementa un cambio en el proceso de seleccionar un toro como futuro semental o elegir un acoplamiento para tener los animales de la siguiente generación.

Todos los toros que entrarán en el futuro en un centro de I.A. tendrán una prueba genómica, y lo mismo pasa con las madres. Esto generará una tasa mucho mayor de éxito, porque ya disponemos de una información previa que afirma que ese animal ha recibido una buena muestra de genes de sus padres, que será confirmada con la información de sus hijas.

Está claro que la terminología "toro probado" o "toro en prueba" tendrá que desaparecer de nuestro vocabulario, porque realmente serán ya todos toros probados y lo que les diferenciará es el tipo de prueba –genómica o por descendencia– y que se refleja claramente en la fiabilidad de la prueba. La fiabilidad de la prueba nos ayuda a determinar cuánto semen debemos usar de un toro determinado y no si tengo que utilizarlo o no, porque para responder a esa pregunta está la prueba propiamente dicha, sea genómica o no.

- Con la genómica se obtiene una prueba genómica a edades muy tempranas, para todos los animales genotipados, que nos informa de forma relativamente fiable de si un animal es candidato o no a ser padre de la siguiente generación. Esto nos ayuda a tener mayores opciones a la hora de elegir, dado que el coste de eliminar un animal será más bajo. Combinando el aumento de la intensidad de selección con el potencial de tener sementales para apareamientos accesibles a la edad de un año (reducimos el intervalo generacional) y una fiabilidad mayor, conseguiremos mayor progreso genético.
- Con la genómica se identifica de forma más precisa la segregación de genes entre un animal y sus parientes y, por lo tanto, se calcula de forma más precisa el coeficiente de consanguinidad. Asimismo, el hecho de diferenciar a edades muy tempranas el mérito genético de hermanos completos, hace que eliminemos los menos favorecidos, reduciendo así la tasa de consanguinidad en la población.
- Con la genómica se puede definir cuál es acoplamiento ideal para nuestras vacas para obtener el animal de reposición más rentable.

La genómica pone a nuestra disposición muchas herramientas nuevas y útiles para mejorar el nivel genético de nuestros animales, algunas de las cuales ni siquiera pueden imaginarse todavía, y que serán objeto de muchos trabajos de investigación en la próxima década.



*Recuerda...*

## COLOCACIÓN DE MARCAS AURICULARES A LOS ANIMALES

Recordamos a todos los ganaderos, de selección o no, de la obligación que tienen de marcar todos sus animales y registrarlos en el libro de explotación en un plazo que viene fijado por el Real Decreto 1980/1998 de 18 de septiembre, por el que se establece un sistema de identificación y registro de los animales de la especie bovina. Concretamente en su Artículo 6 dice:

### Artículo 6.

#### Asignación, distribución y colocación de las marcas.

1. Las marcas auriculares serán asignadas a la explotación, distribuidas y colocadas en los animales del modo que determine la autoridad competente.
2. No se podrá quitar ni sustituir ninguna marca auricular sin la autorización de la autoridad competente.

3. En el caso de pérdida o deterioro de una marca auricular, ésta será sustituida por una nueva con el mismo código de identificación que la sustituye.
4. Las marcas auriculares se colocarán dentro de un plazo de treinta días a partir del nacimiento del animal y, en cualquier caso, antes de que el animal abandone la explotación en que ha nacido sin perjuicio de las excepciones que, en virtud de lo dispuesto en el apartado 2 del artículo 4 del Reglamento (CE) 820/97, puede determinar la Comisión Europea.
5. Ningún animal nacido después del 1 de enero de 1998 podrá ser objeto de movimiento o intercambio si no va identificado con las marcas descritas en el presente Real Decreto.