



Foto: Nacho Peón

Ganadería Varela Labrada, Castro de Rei (Lugo)

La selección genómica

En este artículo vamos a intentar resumir los conceptos básicos de la genética y de la genómica, revisaremos cómo podemos implementar con facilidad su empleo en las ganaderías y, sobre todo, hablaremos de los beneficios que obtendremos de su uso.

Eugenia Peralta, Alfredo Suárez, Nacho Peón, José M.ª San Miguel
Servicio Técnico de Rumiantes de Zoetis

Según se cuenta, un buen día, D. Miguel de Unamuno, escritor, filósofo y rector de la Universidad de Salamanca, estando con un alumno suyo, que se esforzaba mucho en sus estudios pero que apenas conseguía resultados académicos exitosos, dijo la famosa frase

“Lo que natura no da, Salamanca no presta”. En otras palabras, lo que la genética le había negado al pobre estudiante, no podría ser reemplazado por la mejor educación.

Valiéndonos de esta anécdota y permitiéndonos la comparativa, podríamos decir que lo mismo nos ocurre con nuestras vacas: no podemos esperar grandes cantidades o calidades en la producción, ni una larga vida útil, si la genética de la vaca adolece de los genes necesarios

para ello. Seleccionar a los animales mediante su valor genómico para los rasgos que nos interesan y descartar aquellos que no nos aportan valor es la clave en el progreso genético de nuestras explotaciones.

Sabemos que todas las células que forman un individuo contienen en su núcleo el mismo material genético en forma de ADN. Denominamos gen a un segmento de ese ADN que va a definir o formar parte en la definición de un carácter fenotípico, por ejemplo, el color de los ojos. Si yo tengo el marcador de color de ojos verde, tendré los ojos verdes, pero si tengo el gen de ojos negros, mis ojos serán negros. En realidad, todo esto es un poco más complejo, pero lo más importante es entender el concepto.

Por otra parte, al conjunto de todos los genes de un individuo o de una especie en particular se le denomina genoma y a la ciencia que estudia ese genoma con el fin de predecir la función de esos genes y las interacciones que puedan tener entre ellos, se la denomina genómica; dicho de otra manera, la genómica estudia los genes de un individuo para predecir los caracteres que va a desarrollar durante su vida.

► **SELECCIONAR A LOS ANIMALES MEDIANTE SU VALOR GENÓMICO PARA LOS RASGOS QUE NOS INTERESAN Y DESCARTAR AQUELLOS QUE NO NOS APORTAN VALOR ES LA CLAVE EN EL PROGRESO GENÉTICO DE NUESTRAS EXPLOTACIONES**

Hasta hace poco, la única forma que teníamos de predecir el potencial genético de una novilla que naciese en nuestra explotación era calculándolo en base al promedio de sus padres (PA). Para ello se hace la media en base a las habilidades que tengan sus padres para transmitir un carácter (a esas habilidades de transmisión se les denomina PTA). Vamos a poner un ejemplo: si compramos el semen de un toro con una PTA en leche de 1.000 y tenemos una vaca cuya PTA en leche es 500, podremos calcular que el PA medio de todas sus hijas será de 750 ($1.000 \text{ padre} + 500 \text{ madre} / 2 = 750$). Sin embargo, sabemos que no todas las hermanas completas (mismo padre y misma madre) van a ser iguales ni van a producir lo mismo, ni van a tener la misma vida útil. Las posibles combinaciones entre los genes de un toro y los de una vaca nos pueden llegar a dar 1.152.921.504.606.850.000 individuos distintos, que son hermanos completos, con un PA idéntico. Acertar en un cruzamiento con el individuo deseado es casi tan difícil como pronunciar este número.

PROGRESO GENÉTICO

La primera pregunta que una persona debería hacerse antes de realizar un proyecto de mejora genética en su ganado es: ¿cuál es el objetivo que tengo en mi granja? Tendré que saber si quiero producir litros de leche o mejorar las calidades o, a lo mejor, lo que busco es enfocar el futuro de mi explotación, aumentando la vida productiva de mis animales o simplemente necesito seleccionar vacas que mejoren la reproducción. Como bien se puede entender, cada granja tiene su objetivo y la genética y la genómica son herramientas que nos van a ayudar para mejorar el progreso genético de la población en el menor tiempo posible. Si un ganadero quiere seleccionar a sus animales por kilos de proteína y otro prefiere hacerlo en base a la conformación de las patas y las ubres, debemos entender que uno no es mejor que el otro, simplemente que cada uno de ellos tiene sus propios objetivos y ambos se podrán apoyar en la genómica para acelerar el progreso genético de su ganadería.

Así, tiene que quedar claro que lo primero que debemos hacer es conocer nuestros objetivos y, una vez que los hayamos definido y tengamos ►



EmbrioVet



EmbrioMarket

EMBRIOVET SL es un equipo veterinario especializado en servicios de transferencia embrionaria en ganado bovino de leche y de carne

Nuestras instalaciones en Betanzos incluyen un avanzado laboratorio de fecundación *in vitro*

Le ayudamos a desarrollar el programa genético de su explotación:

- **Diseño** del programa genómico
- **Creación de índices genéticos** personalizados
- **Asesoramiento genético completo.** Programa de acoplamientos
- **Programa de Transferencia de embriones:**
 - *Flushing* y transferencia o congelación de embriones
 - Producción de embriones *in vitro*: OPU-FIV
 - Programa de rescate genético
- **Comercio de embriones:**
 - Nacional
 - Importación/Exportación

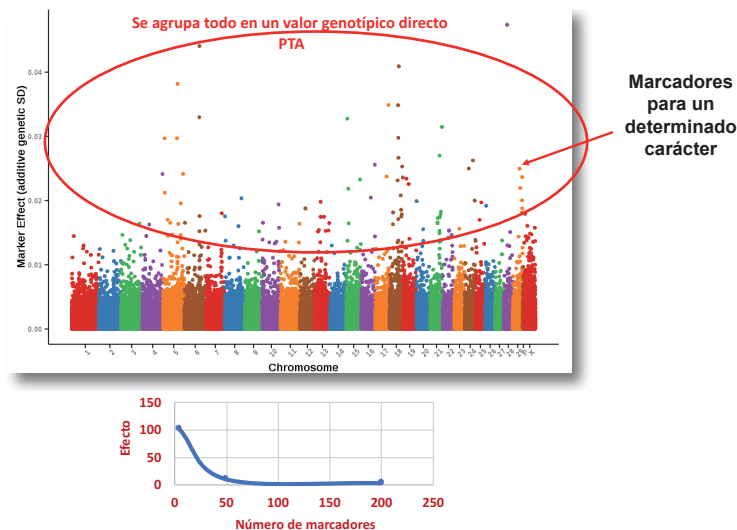
www.embriomarket.com
administracion@embriovet.com
 981 791 843 649 239 488



- 2 laboratorios móviles con base en Galicia
- Servicio en toda la península e islas españolas
- Veterinarios especializados en tecnologías reproductivas al más alto nivel

En nuestras instalaciones en Betanzos (A Coruña) ofrecemos toda la tecnología embrionaria, abarcando la fecundación *in vitro* en todas las facetas.

Figura 1. Distribución de los marcadores que actúan en la tasa de embarazo de las hijas en Holstein (DPR*)



*Por sus siglas en inglés: Daughter Pregnancy Rate

en la mano los resultados genómicos de la evaluación que hemos hecho, el siguiente paso es tomar las decisiones en base a esos resultados. Los datos por sí solos no tienen ningún valor; tenemos que saber qué queremos hacer con ellos y, sobre todo, hacerlo. La toma de decisiones es el único camino que nos va a llevar a tener los mejores animales en nuestro rebaño en base al objetivo establecido, es decir, a generar una mejora genética en nuestra granja.

EN BUSCA DE LA VACA IDEAL

Pero vayamos al grano. Imaginemos que nos piden que definamos la vaca ideal para nosotros. Probablemente todos estaríamos de acuerdo en que buscaríamos un animal que produjese mucha leche, con un alto porcentaje en grasa y proteína y, a veces a pedir, nos encantaría que esa vaca preñara bien, que no tuviese enfermedades durante su vida productiva y que fuese lo más longeva posible. Si a esto le añadimos una tipología a gusto con nuestros criterios, estaríamos seguramente delante de la vaca perfecta. Y ahora viene la gran pregunta, ¿cómo puedo conseguir este ideal?

Vamos a intentar contestar esta pregunta por partes, pero antes de meterlos en materia más profunda, vamos a definir de manera muy sencilla otros conceptos que no por sabidos conviene repasar.

Decíamos antes que los genes o parte de ellos son segmentos de ADN que poseen todas nuestras células, los

cuales definen un carácter o forman parte de la definición de ese rasgo. En algunos casos un pequeño tramo de ese ADN define un carácter, por ejemplo, si yo tengo el marcador de ojos negros, expresaré el carácter ojos negros. De la misma forma si una vaca tiene o no el marcador de “cuernos”, el animal expresará o no ese carácter, es decir, tendrá o no tendrá cuernos. Para entenderlo vamos a poner un símil, cuando un gen define un rasgo se comportan como un interruptor, si está encendido, es decir si tiene ese gen, el animal tendrá ese carácter, pero si no tiene ese gen es como si el interruptor estuviese apagado y por lo tanto el animal no lo expresará. Hasta aquí es muy sencillo de entender, un rasgo cualitativo puede estar definido por una pequeña parte del ADN y un animal puede o no tenerlo, pero vamos a complicar las cosas un poco más.

Hay algunos caracteres, se denominan cuantitativos, como por ejemplo los litros de leche de una vaca, que no están asociados a un solo gen, sino que en la definición de ese carácter intervienen varios genes. Igualmente ocurre, por ejemplo, con la tasa de preñez de las hijas (DPR) en donde tendremos varios genes localizados en los 30 pares de cromosomas que poseen las vacas y, por lo tanto, todos ellos formarán parte de la expresión de ese carácter (figura 1).

Por si fuera poco, este tipo de rasgos son los que más solemos buscar en nuestras explotaciones y el símil del interruptor ya no nos vale. En este caso

► LA PRIMERA PREGUNTA QUE UNA PERSONA DEBERÍA HACERSE ANTES DE REALIZAR UN PROYECTO DE MEJORA GENÉTICA EN SU GANADO ES: ¿CUÁL ES EL OBJETIVO QUE TENGO EN MI GRANJA?

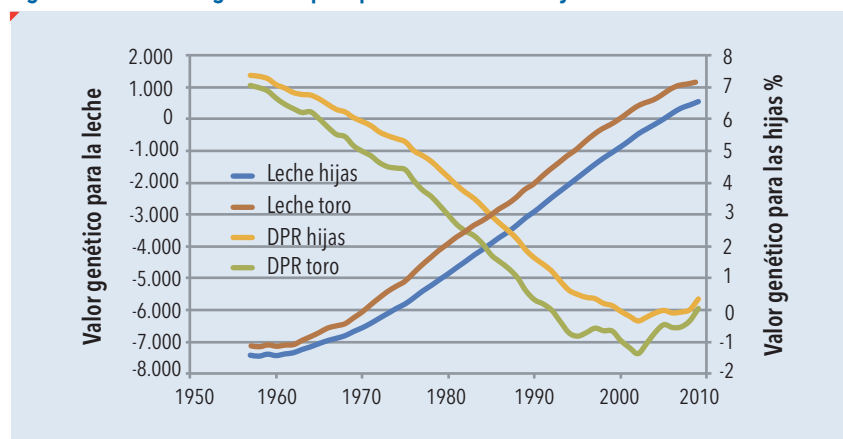
la expresión de ese rasgo se parecerá más a un mando de volumen de un aparato de música, es decir, cuantos más genes tengamos activos mayor volumen y, por consiguiente, mayor expresión de ese carácter y cuantos menos genes tengamos de ese carácter menos se expresará. En el caso de nuestro ejemplo, en la expresión del carácter “tasa de preñez de las hijas” (DPR), como bien se aprecia en la figura 1, tienen impacto diferentes genes, la suma de todas las pequeñas aportaciones para este rasgo en todos los genes será mayor o menor y, por tanto, el DPR será alto o bajo y las hijas de nuestras novillas preñarán mejor o peor. Evidentemente, la realidad es un poco más compleja, pero creemos que con estos ejemplos podemos entender un poco el funcionamiento general.

Por otra parte, no debemos olvidar que los rasgos también interactúan y pueden potenciarse o atenuarse entre ellos. Todos conocemos la relación directa que existe entre los litros de leche producidos con la reproducción, de tal manera que existe la posibilidad de que cuantos más litros de leche produzca un animal empeore la reproducción. Como bien se puede apreciar en la figura 2, existe una correlación negativa de litros de leche y reproducción, pero también existen correlaciones positivas, por ejemplo, entre los litros de leche y los kilos de grasa: a mayor cantidad de leche, mayor cantidad de grasa.

Como podemos entender, seleccionar y mejorar un rasgo es relativamente fácil, y más si ese rasgo lo codifica un solo gen, pero si queremos mejorar a la vez varios rasgos, como por ejemplo todos los que definimos ►►

► CONOCIENDO LA GENÓMICA DE NUESTROS ANIMALES, NO COMETEREMOS EL RIESGO DE REEMPLAZAR UNA BUENA VACA POR UNA MALA NOVILLA

Figura 2. Tendencias genéticas para producción de leche y fertilidad



anteriormente como la vaca perfecta, la cosa se complica bastante. Para facilitar esa mejora de varios caracteres a la vez, se establecieron unos índices de selección, en donde se fue aplicando distinto peso a los caracteres según el interés que se tuviese en esa selección. De esta manera, cada país estableció su propio índice: en España se estableció el ICO, en Francia el GDM, en Canadá el LPI o en EE. UU. el TPI.

Cada índice de selección está formado por distintos caracteres; por ejemplo, el ICO está formado en un 11 % por el rasgo “kg de leche” mientras que el TPI ni siquiera lo considera. Tenemos que tener en cuenta que los genetistas, además de buscar distintos caracteres para crear un índice, tienen que tener en cuenta que muchos de esos caracteres tienen correlaciones y lo normal es aprovecharse de ellas, es decir, si yo selecciono para kilos de grasa, a la vez estoy seleccionando para litros de leche, porque no puedo tener una cosa sin la otra.

Pero no nos olvidemos que nadie come de números, sino de lo que produce una vaca. Por ello, además de índices numéricos, se fueron cuantificando índices de selección económicos, es decir, índices que predicen y cuantifican lo que una vaca nos puede hacer ganar en la explotación durante su vida productiva. Para conseguir definir esos índices lo primero que tuvieron que establecer fue una gran base de animales de la raza, la llamada población de referencia (en nuestro caso la raza Holstein), que en el caso de la base de datos del USDA-CDCB (Holstein USA) son los animales nacidos en 2010.

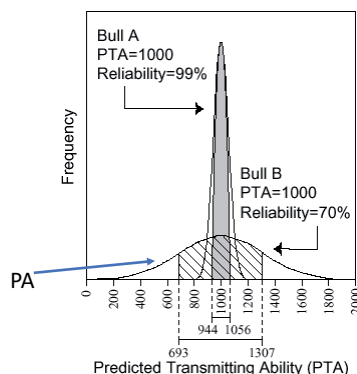
Estableciendo los beneficios econó-

micos de la base de la raza, se creó el mérito neto (NM\$), un índice económico que predice la ganancia esperada en la vida productiva de una hembra comparada con la base de la raza. Si, por ejemplo, nosotros tenemos una novilla con un MN\$ de 100\$, significa que esperamos que esa novilla nos deje durante su vida productiva 100 dólares más que la media de las novillas de la población de referencia.

Lo que tenemos que tener muy claro con relación a los índices económicos es que son esenciales en la mejora genética ya que combinan valores de muchos rasgos en un único valor. Así, utilizando este valor, podremos clasificar a los animales y orientar las decisiones de la cría de una manera fácil y efectiva.

¿Cómo es de fiable esa predicción?

El último concepto clave que tenemos que explicar es la fiabilidad (también lo podréis ver en los catálogos como *reliability*). Para aclarar mejor este término vamos a utilizar el siguiente cuadro:

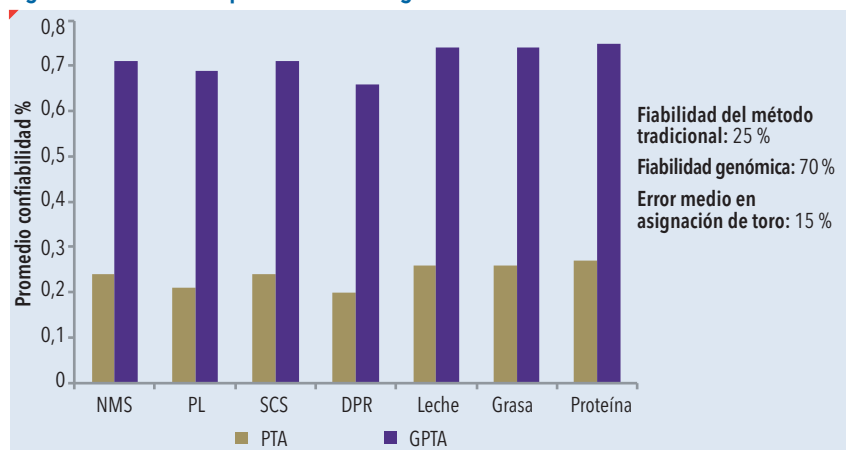


Primero vamos a fijarnos en el toro B. Nos dicen que ese toro tiene una PTA de 1000, es decir que la habilidad de transmisión de su gen leche a sus descendientes será de media 1.000 kg más de leche que la base genética establecida. Pero fijémonos en el concepto de *reliability*, el cual nos indica que la fiabilidad de esa predicción es de un 70 %, quiere esto decir, como se aprecia en la curva, que algunas de las hijas de ese toro tendrán una PTA de 693 kg y otras de 1.307 kg. Es cierto, que si hacemos la media de la producción de todas las hijas nos dará 1.000, pero lo que nosotros debemos tener en cuenta es que con esa fiabilidad ese toro nos dará hijas cuya producción variará enormemente de unas a otras, es decir, que habrá una gran variación en la descendencia de este toro.

Vayamos al toro A. Su PTA también nos indica que ese toro dará hijas con 1.000 kg más en leche que la base genética, es decir, predice lo mismo que el toro B, pero la fiabilidad en este caso es del 99 %. Quiere ello decir que todas las hijas de ese toro producirán entre 944 kg y 1.056 kg, o sea, el dato 1.000 del toro A es mucho más fiable que el mismo dato del toro B. La variación entre su descendencia es muy pequeña.

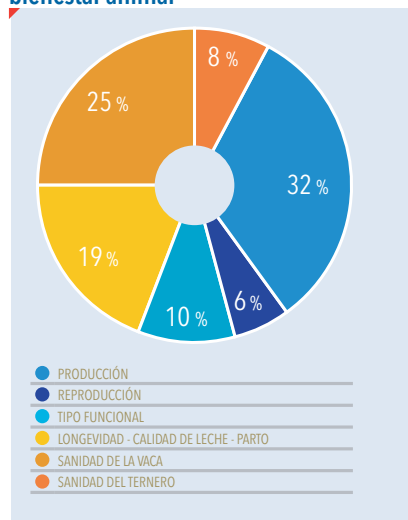
Este concepto es clave para entender la calidad de las predicciones, por ello no sólo tenemos que fijarnos en los datos de las PTA, sino que tendremos que tener los ojos puestos en la fiabilidad que tienen esos datos. Pensemos que este es un concepto estadístico relacionado con la fiabilidad de los datos aportados, tanto de producción como de la fiabilidad de la prueba genómica ►►

Figura 3. Promedio de padres PA vs. REL genómico



La media de fiabilidad se calculó para hembras menores de 2 años a enero de 2016

Figura 4. Índices de los beneficios del bienestar animal



realizada. De esa manera estableceremos con mayor probabilidad de éxito la relación entre la PTA y los caracteres que predicen.

LA GENÓMICA

La secuenciación y el mapeo del genoma completo de las vacas nos ha dado la oportunidad de conocer distintos marcadores (SNP) dentro del ADN con los que de una manera rápida y económica poder predecir la expresión de caracteres con una fiabilidad alta los rasgos de los animales ya sea de producción (leche, grasa, proteína) como de funcionalidad (recuento de células somáticas, DPR, facilidad de parto, vida productiva, días abiertos, tipo...). Como se puede apreciar en el gráfico (figura 3), cuando comparamos el

promedio de la fiabilidad de las PTA (PA) con las GPTA (las habilidades de transmisión genómicas), las diferencias son muy significativas. Dicho de otra manera, si con el pedigrí podemos tener unas fiabilidades en torno al 25 %, con la genómica se supera el 70 % y cuantos más animales vayamos genotipando más certeras serán esas predicciones.

Hoy podemos saber, desde el nacimiento, la predicción de lo que va a transmitir una ternera a su descendencia con una fiabilidad muy alta. Esto nos permite hacer una selección de los animales rápida y fiable. En el caso de los toros se necesitaban cinco años para poder cuantificar la descendencia de un toro. Sin embargo, hoy se puede hacer nada más nacer, pero en el caso de las vacas el avance es mucho más significativo, porque ya no necesitamos invertir 1.800 euros y dos años en criar una novilla para saber cómo se va a comportar, sino que en un mes tendremos los resultados genómicos que nos garantizan una fiabilidad muy alta a la hora de hacer la selección de rasgos como litros de leche, kilogramos de grasa y proteína, DPR, vida productiva, eficacia alimentaria... El avance que podemos hacer en nuestra ganadería con la genómica es espectacular y no debemos olvidar que esta mejora no nos supone más trabajo en la granja.

Día a día la genómica sigue avanzando y hace unos años, Zoetis Genetics se hizo la siguiente pregunta: ¿podríamos predecir con una fiabilidad alta los rasgos de salud

de nuestros animales, es decir, la predisposición de las vacas a padecer mamitis, laminitis, retención de placenta, desplazamiento de abomaso, metritis o cetosis? Pues la respuesta es sí.

Después de seleccionar los marcadores en el ADN adecuados, asociarlos a rasgos fenotípicos (expresados por el animal) de realizar la validación en el campo, se han conseguido implementar dentro de los rasgos genéticos los rasgos de salud. Este avance es tan importante que gracias a él podemos escoger los animales más resistentes a las enfermedades, estarán más tiempo de permanencia en el rebaño y hará que necesitemos menos descartes en las vacas y menos novillas para la reposición, y todo ello redundará en un importante beneficio económico para la explotación.

► EL USO DE ÍNDICES ECONÓMICOS NOS AYUDA DE MANERA CLARA Y SENCILLA A ORIENTAR NUESTROS OBJETIVOS

Figura 5. Recuperando los costes de crianza

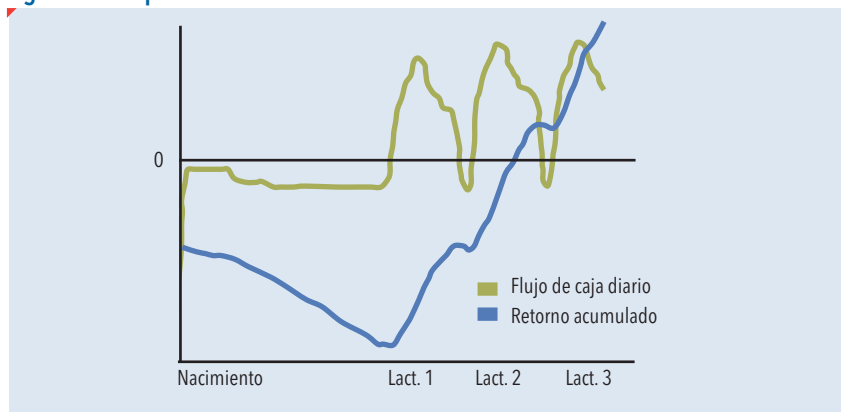
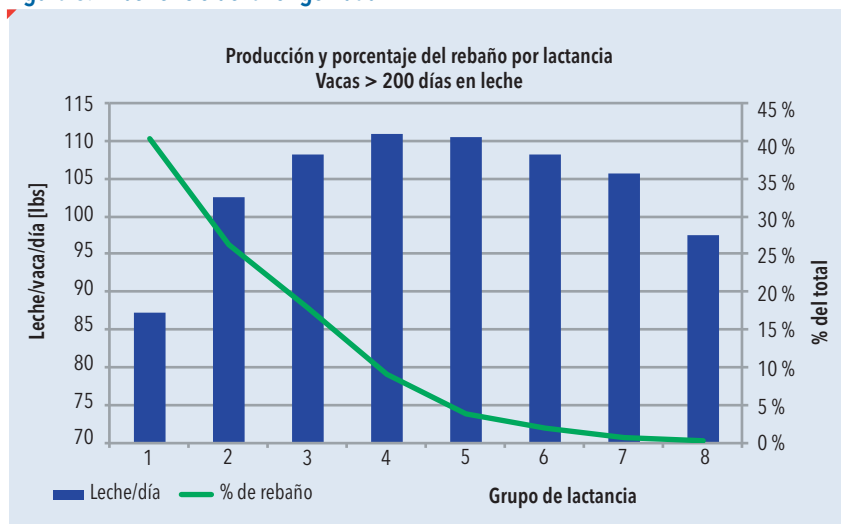


Figura 6. El beneficio de la longevidad



Con estas premisas y con los datos genómicos de bienestar validados, Zoetis Genetics desarrolló el índice económico DWP\$ (Dairy Wellness Profit), un índice que, además de abarcar los datos de producción, fertilidad, conformación funcional, longevidad, parto, calidad de leche y viabilidad, también le da peso al bienestar de la vaca en base a los rasgos de salud y al bienestar del ternero, puesto que también incluye la resistencia a las diarreas de los terneros en los 60 primeros días, las resistencias a los problemas respiratorios en los primeros 60 días y la viabilidad en su primer año de vida (figura 4).

¿Por qué hacemos tanto hincapié en la longevidad de las vacas?

La vida media de las vacas en producción en España está entre 2 y

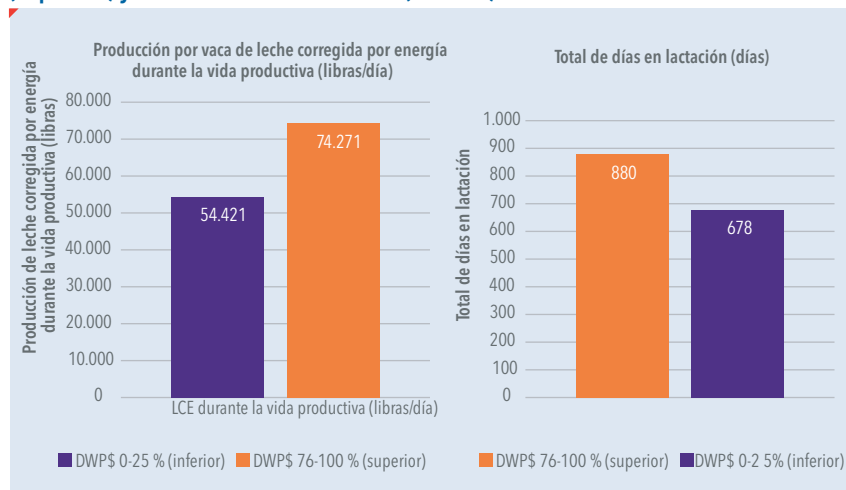
2,4 partos. Sin embargo, una novilla paga con su producción su inversión aproximadamente en pico-final de la segunda lactación, es decir, que apenas nos queda una lactación por vaca de ganancia por vida (figura 5).

Por otra parte, vemos que las mejores producciones de las vacas están entre la tercera y la quinta lactación (figura 6). La paradoja está en que en esas lactaciones apenas tenemos animales, ya que por enfermedades o por problemas de reproducción estos no llegan a alcanzar esas edades. Si fuésemos capaces de incidir a través de la genética en la selección de animales más resistentes a las enfermedades, a la vez que los seleccionamos con mejores índices de reproducción, podremos llegar a tener animales más longevos y, por lo tanto, más rentables en nuestras explota-

ciones. Por ello, no tenemos dudas en afirmar que el índice económico DWP\$ nos ayudará a realizar con éxito y facilidad este objetivo.

Se ha realizado una prueba de validación del DWP\$, teniendo en cuenta toda la vida productiva de animales nacidos en 2011. Los resultados avalan que, comparando el 25 % de los mejores animales frente al 25 % peor, la diferencia fue la que se puede apreciar en la figura 7 (página siguiente). ►►

Figura 7. Producción diaria de leche corregida por energía durante la vida productiva (izquierda) y el total de días en lactación (derecha)



Estos datos demuestran que el índice DWP\$ puede predecir diferencias en el potencial individual de rentabilidad real a lo largo de la vida productiva.

BENEFICIOS DE LA SELECCIÓN GENÓMICA

1. Nos permite seleccionar los mejores rasgos de nuestras terneras a partir del primer mes de vida, por lo que solo criaremos las mejores novillas.
2. Es tan importante criar las buenas como descartar las malas cuanto antes o, en el caso de quedarse con ellas, podremos cruzarlas con semen de carne que nos dé una cría con mayor beneficio económico.
3. Seleccionando por DWP\$ conseguiremos animales más resistentes a las enfermedades, alargaremos su permanencia en el rebaño y, por lo tanto, necesitaremos menos novillas, nos quedaremos con las

mejores, nuestro progreso genético avanzará más rápido y la rentabilidad prevista por vaca será mayor.

4. Conociendo la genómica de nuestros animales, no cometeremos el riesgo de reemplazar una buena vaca por una mala novilla. Desplazaremos la subjetividad del ojómetro por los datos objetivos y contrastados.
5. Al tener todos los datos de nuestras hembras, el acoplamiento será muchísimo más fiable, porque buscaremos afianzar los rasgos que nos interesan y trabajar en aquellos que más necesitamos.

CONCLUSIÓN

La genómica es una excelente herramienta que nos permite seleccionar los mejores animales de nuestra explotación. El uso de índices económicos nos ayuda de manera clara y sencilla a orientar nuestros objetivos. Usar las predicciones del índice DWP\$ en las decisiones de selección puede tener una repercusión económica significativa al incrementar la producción de leche durante la vida productiva de la vaca, la leche por día, la permanencia en el rebaño y la rentabilidad prevista por vaca. ■

Genética francesa en las mejores vacas leonesas



La Asociación Frisona de León (Afrile) celebró el pasado 29 de noviembre su VII Jornada Provincial en la que entregaron los premios a las mejores ganaderías y reproductoras de la provincia durante 2018.

Entre los galardonados, las mejores explotaciones por ICO fueron CEM SC, Finca El Egido y Fernández Fernández SC. Asimismo, estas mismas granjas se llevaron los premios de mejor vaca por ICO –CEM 583, de CEM SC (3.887 ICO)–, de mejor vaca por producción a 305 días –Egido Lisona Ehman, de Finca El Egido (primer parto: 16.168 kg, 53 kg/día)– y de mejor ganadería por producción a 305 días –Fernández Fernández SC (12.666 kg, 41,5 kg/día)–. Las tres explotaciones pertenecen a la Cooperativa Vega Esla, de León, que ha basado sus resultados en el éxito del programa de acoplamientos realizado por sus técnicos con el uso de la genética francesa, representada por Evolution Ibérica XY. A este grupo también pertenece la ganadería La Chopera SC que se llevó el premio a mejor ganadería por producción a 305 días en el total de animales (13.302 kg, 43,6 kg/día).

Este programa, que se inició en el año 2000 en 68 ganaderías con el objetivo de lograr su de-

sarrollo genético, permite detectar los puntos fuertes y débiles de cada explotación y elegir aquellos animales que corrijan las deficiencias de una forma objetiva. Mediante el acoplamiento realizado anualmente vaca a vaca se ha pretendido optimizar el progreso genético y conseguir la uniformidad del rebaño para que funcione “como una única vaca”. Así, se consigue sacar el mayor partido posible a la gestión realizada en cada ganadería, pues todas las vacas tienen necesidades muy similares al estar influenciadas por el mismo hábitat y el mismo manejo. Los caracteres más primados en estos acoplamientos son los relacionados con la salud, fundamentalmente de la ubre, y la fertilidad de las vacas consiguiendo rebaños más resistentes y más fértiles. También se tiene muy en cuenta la reducción de la consanguinidad.

En su conjunto, estos parámetros permiten un incremento de la longevidad de las vacas manteniendo unas altas producciones de leche, lo que incide de forma sobresaliente en la mejora de la rentabilidad de las explotaciones.

La aplicación con rigor y de forma continua de este programa ha sido la clave de la consecución de estos premios que deben servir de homenaje a todos los ganaderos y técnicos implicados en el desarrollo genético de la Cooperativa Vega Esla.

