

# MÉRITO GENÉTICO: CRITERIO CENTRAL DE VALORACIÓN DEL GANADO REPRODUCTOR



*Doble musculatura en ganado de carne, característica de herencia simple, regulada por un par de genes ya identificados, donde la acción del ambiente no es importante.*

Cuando se selecciona un reproductor, ya sea ovino o bovino, no se hace en función de un solo atributo. Habitualmente, se aprecia su constitución corporal o morfoestructura, su grado de pertenencia a grupos raciales, su viabilidad biológica y sanitaria como posible padre o madre. Este criterio múltiple de selección tiene lógica toda vez que lo que se espera de dicho reproductor es que posea la capacidad de procrear descendencia, aun

cuando también esperamos que los hijos de un reproductor de selección sean "mejores" que el resto del rebaño.

Sin embargo, ninguno de los criterios antes mencionados permite predecir que la descendencia del reproductor cuente con mejores características productivas que el promedio de su generación. Es decir, con estos parámetros podremos reproducir nuestro rebaño, pero no se asegura su mejora. La causa es muy

simple: la presencia de genes superiores que se requieren para perfeccionar el desempeño productivo del rebaño no pueden apreciarse a través de las variables indicadas. Por lo tanto, siendo todas ellas importantes en la selección de reproductores ganaderos, un elemento central para alcanzar una mayor eficiencia de nuestros planteles animales es la estimación del mérito genético de los reproductores. El presente artículo explora los aspectos téc-

**Héctor Uribe M.**  
Médico Veterinario, Ph.D.  
hector.a.uribe@gmail.com  
CONAMEG

**Rodrigo de la Barra A.**  
Ingeniero Agrónomo, Dr.  
INIA Butalcura

**Francisco Sales Z.**  
Médico Veterinario  
INIA Kampenaike

nicos relevantes que se requiere considerar para entender la importancia de dicha valoración.

### El mérito genético

El mérito genético se refiere al potencial que tiene un animal de traspasar genes favorables o superiores a su descendencia. Hay que considerar que, al reproducirse, un animal entrega solo un 50% de los genes a su prole, porque en una determinada posición del genoma siempre habrá dos genes, uno recibido de la madre y otro del padre. Mecanismos aleatorios (al azar) decidirán, con igual probabilidad, si en una determinada célula reproductiva (espermatozoide u óvulo) va el gen recibido de la madre o del padre.

El genotipo de un animal tiene al menos tres componentes relevantes: uno aditivo, uno dominante y el efecto de interacción. El componente aditivo es el efecto que cada gen genera en forma independiente. El componente dominante es el efecto que se produce entre el gen materno y paterno cuando se juntan en una misma posición del genoma (genes homólogos), o sea es un atributo de la relación entre un par de genes, uno de la madre y otro del padre. El componente de interacción o epistático es el efecto de la interacción que ocurre entre pares de genes que se ubican en diferentes posiciones del genoma. Todas las características tienen los tres componentes genéticos: aditivo, dominante y de interacción; la magnitud de cada uno de ellos es particular de cada animal en cada característica de interés.

En el proceso reproductivo los genes no se traspasan en pares. Los espermatozoides y óvulos (las células portadoras de los genes durante la reproducción) son haploides, es decir poseen en su genoma solo una copia de cada gen homólogo. Así el componente dominante y el



*Morfoestructura: corresponde a características estructurales posibles de medir y que son definidas por los criadores de una determinada raza.*

**Usar los valores genéticos en una población distinta a la cual fueron obtenidos suele producir graves errores. Un ejemplo es lo que se hace en Chile cuando se utilizan catálogos de reproductores de otros países.**

de interacción que están actuando sobre cada uno de los padres, y que muchas veces pueden ser más importantes que el componente aditivo, no son traspasa-

dos a su descendencia. En este caso sólo se traspasará el valor independiente de cada uno de los genes que los padres aporten al hijo o hija, es decir el valor genético aditivo. Debe quedar claro entonces que un reproductor no pasa su genotipo a sus hijos, lo que aporta es una muestra al azar de la mitad de sus genes. Los nuevos genotipos se forman en los hijos al juntarse los genes maternos y paternos. Los efectos genéticos dominantes y de interacción, para cada característica, solo pueden ser traspasados en la clonación de animales, en la cual el descendiente es una réplica del genoma del reproductor. La clonación es un proceso natural en muchas especies vegetales (papas, por ejemplo) pero no así en animales.

Las características producti-

vas de interés comercial están reguladas por la acción positiva o negativa de muchos genes, donde el efecto individual de cada gen no es importante, sino su efecto agregado. Se dice que estos atributos tienen una variación continua, en la que los miembros de una población animal presentan un amplio rango de valores, de buenos a malos, para una cualidad determinada. A su vez, la expresión de dichas características cuantitativas está fuertemente influenciada por el ambiente.

Lo opuesto a las características cuantitativas son las características categóricas, las cuales son reguladas por unos pocos genes, cada uno con un efecto mayor, y donde la acción del ambiente en su expresión es casi nula. Un ejemplo de esto último



es la presencia de doble musculatura en bovinos de carne o el gen BMP15, relacionado con mayor prolificidad en ovinos.

### Estimación del mérito genético

Para seleccionar animales sobre la base de su mérito genético en características cuantitativas existen diferentes técnicas estadísticas que, usando información productiva del individuo o de parientes, permiten separar el componente aditivo de los otros componentes genéticos y del efecto ambiental. Al conocer el componente aditivo de la genética de un animal, se puede obtener una estimación promedio de cuán buena o mala es genéticamente la progenie de éste en relación a la población en estudio.

La estimación del mérito

genético aditivo podrá ser diferente a lo observado productivamente en el propio animal, ya que pudo ser influenciado fuertemente por el ambiente o por efectos genéticos dominantes o efectos genéticos de interacción, los que, como se indicó anteriormente, no se traspasan a la descendencia.

El valor genético estimado de un reproductor cambia a través del tiempo a medida que se incluye nueva información de otros hijos o parientes, o también cuando aumenta el nivel genético promedio de la población. Con el avance en la selección de animales, la población en promedio va teniendo genes de mayor capacidad productiva, por lo que aumenta su nivel genético promedio en las cualidades bajo esquema de selección. A medida que aumenta la seguridad de estimación, el valor genético estimado tiende a ser constante; lo contrario ocurre con animales jóvenes, con menor información, cuya seguridad de estimación es baja y su valor genético estimado puede sufrir cambios considerables en futuras evaluaciones.

El conocimiento del mérito genético de un animal nos ayuda en la selección de reproductores del rebaño, de manera de escoger a aquellos que cumplan un estándar sanitario, tengan una clara pertenencia racial, reúnan la morfometría preferida del productor (o sea el tipo de animal que busca el productor; por ejemplo, más alto o más bajo, más ancho de grupa, etc.), y además sean portadores de genes superiores que se expresen en la descendencia. Como la estimación del mérito genético de los animales se hace a nivel de poblaciones, y esto escapa a las capacidades técnicas normales de gestión del productor o del asesor predial, ésta debe realizarse en un centro de evaluación genética. En un contexto de mejoramiento genético, poblaciones son todos los animales partici-



La expresión de características cuantitativas está fuertemente influenciada por el ambiente (alimentación) entregada al animal.

pantes y que aportan datos al programa.

Una evaluación genética da como resultado estimaciones relativas del valor genético aditivo de un animal y su seguridad o confiabilidad dependerá, entre otras cosas, de la cantidad de información incluida en los datos. Aquellos animales con mayor número de parientes cercanos dentro del archivo de genealogías, tendrán una mayor seguridad de estimación. La seguridad de estimación es la correlación entre el verdadero valor genético de un animal, el cual es desconocido, y el valor genético estimado mediante métodos estadísticos.

### El método BLUP

La metodología estadística más usada en la actualidad para la estimación del mérito genético aditivo se conoce como BLUP (sigla en inglés de "best linear unbiased predictor", mejor predicción lineal insesgada). El desarrollo de la metodología BLUP es complejo y requiere dominio avanzado de álgebra de matrices, cálculo, distribución, etc.; así como su aplicación a situaciones concretas requiere profesionales con formación de postgrado en el tema y soportes logísticos propios de centros es-

pecializados de evaluación genética.

La metodología permite que la estimación del valor genético esté libre de la influencia de efectos confundidores. Dentro de BLUP se desarrolló un sistema que permite conectar y usar toda la información de los parientes genéticos de un animal (dada por los datos de registros genealógicos) en la estimación de su valor genético. Si los antecedentes son suficientemente completos, la estimación final de un valor genético recibe información de ancestros (padres, abuelos, tíos, bisabuelos) y descendientes (hijos, sobrinos, nietos, bisnietos, etc.). La metodología BLUP asigna más importancia a los registros de parientes más cercanos (hijos, padres) que a los parientes lejanos, ya que estos últimos comparten un menor número de genes con el animal a evaluar.

Por ejemplo podemos modelar, en forma muy simple, el peso al nacimiento de un animal, variable que podemos medir, en función de la edad de la madre y la constitución genética aditiva del animal. En otras palabras, podemos estimar cuál es la importancia de la genética aditiva y la edad de la madre en el peso al nacimiento de un animal. El modelo es mixto, pues tiene un efecto fijo, que es la edad de la

madre, y un efecto aleatorio, que es la genética aditiva del animal.

Peso al nacimiento = edad de la madre + genética aditiva del ternero

Este modelo simple nos indica que el peso al nacimiento dependerá de la edad de la madre más (o menos) el efecto de la genética aditiva del ternero. De esta manera el problema a resolver será ¿qué cantidad del peso al nacimiento del ternero es atribuible al efecto de la edad de la madre y qué cantidad a la genética aditiva del ternero? El modelo podría fácilmente ampliarse para incluir otros factores ambientales, además de la edad de la madre, como por ejemplo: efecto del predio, del mes de parto, del tipo de parto, etc. Así, pueden incluirse otras variables fijas y aleatorias de acuerdo a los datos con los que se cuente y al conocimiento previo que se tenga de la relación de los efectos explicatorios con la característica conocida que se ha medido y se quiere modelar.

Los valores genéticos aditivos obtenidos en un análisis usando metodología BLUP corresponden a la población de donde provienen los datos; sus resultados no son aplicables a otras poblaciones o regiones que no estén aportando información (datos) en el análisis. La extrapolación de los valores genéticos a otras poblaciones es errónea y conduce a decisiones equívocas en mejoramiento genético. Un ejemplo de esto es lo que se hace en Chile cuando se utilizan catálogos de reproductores de otros países.

Los valores genéticos aditivos se expresan en las mismas unidades con las que se mide la característica en cuestión y pueden ser positivos o negativos. Por ejemplo, un valor de +10 kg para peso al destete de un macho reproductor indica que el valor genético promedio de sus hijos e hijas tendrá 5 kilos por sobre la media de la población.

Obsérvese que se habla del promedio y no de un descendiente en particular. El promedio de 5 kilos por sobre la media que se espera para peso al destete en la progenie es lo que se conoce como diferencia predicha (PD, por su sigla en inglés) o desviación esperada de la progenie (DEP).

### Aspectos destacables

De lo señalado en el artículo, cuatro puntos son especialmente destacables:

- Además de los aspectos sanitarios, morfométricos y de pertenencia racial, los reproductores también deben ser evaluados por su "mérito genético", o sea su potencial de pasar genes superiores a su descendencia.
- La determinación del mérito genético se hace a nivel poblacional, lo que escapa a las capacidades técnicas normales de gestión del productor o del asesor predial, por lo que debe realizarse en un centro de evaluación genética. En Chile esta metodología no está muy difundida, ya que no hay un centro de evaluación genética cuantitativa, cuya instalación debiera ser a nivel gubernamental.
- La metodología BLUP, dependiendo de la disponibilidad de datos productivos y genealógicos, permite una estimación del mérito genético sin sesgo, y asegura un avance genético en las características de interés productivo en animales domésticos.
- El avance genético obtenido usando metodología BLUP deberá verse reflejado a nivel fenotípico o de características visibles cuando los aspectos ambientales (sanidad, nutrición) son iguales o mejores que el promedio de los rebaños desde donde provienen los datos analizados. **Ta**

# LOS VALORES GENÓMICOS IRRUMPEN EN LA EVALUACIÓN DE REPRODUCTORES

Gracias a los grandes avances de la biotecnología molecular y la tecnología informática, es posible hoy hacer uso de selección genómica, y los científicos se esfuerzan por llevar a nivel comercial estos avances en mejoramiento genético de animales domésticos.

Una novedad es que, desde el presente año, los catálogos de reproductores de los programas de mejoramiento genético del ganado de leche en Nueva Zelanda, Estados Unidos y Francia, publicarán valores genómi-

**Héctor Uribe M.**  
Médico Veterinario, Ph.D.  
hector.a.uribe@gmail.com

CONAMEG

cos, los que pueden ser obtenidos antes que los tradicionales valores genéticos.

Para la determinación de valores genéticos de un reproductor usando la tradicional prueba de progenie, se necesita esperar unos 5 años, hasta tener registros de producción de al menos 80 hijas del toro. En cambio el



La implementación de valores genómicos requiere de tecnología especializada de punta tanto en el ámbito de biotecnología molecular como de bioinformática.