

USO E INTERPRETACIÓN DE CATÁLOGOS DE REPRODUCTORES

Ana Carolina Espasandin, Andrea Larracharte Cardoso, Rodrigo López-Correa

Mejoramiento Genético Animal, Departamento de Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía-Udelar.
acespasa@fagro.edu.uy

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del mejoramiento genético es la manipulación de las diferencias biológicas observables entre los animales de modo de lograr un beneficio económico para el productor. Esas diferencias pueden tener básicamente dos orígenes, genéticas y no genéticas (ambientales). Paralograr los objetivos de mejora, debe existir variación genética, animales diferentes desde el punto de vista genético en esos caracteres.

El propósito de la selección es elegir los “mejores” animales para el carácter de interés, permitiendo su reproducción y que trasmitan su eventual superioridad a la próxima generación. Para esto tenemos que hacernos una idea del mérito genético de los distintos genotipos para las distintas características.

Es a partir del valor fenotípico de un animal o de sus parientes y de la información genealógica, que intentamos predecir el valor genético (valor de cría) del individuo, neutralizando aquellos efectos ambientales (nutrición, manejo, época del año) que afectan la producción y que no son transmisibles. Una vez realizada la evaluación genética, vamos a tomar la decisión de que animales aparear entre sí. La selección de reproductores superiores en base a su valor genético ha demostrado ser muy efectiva, lográndose progresos significativos en las características evaluadas.

Los catálogos publican la información proveniente de las evaluaciones genéticas de los reproductores. Esta información en nuestro país puede encontrarse para ganado de carne y lechey para ovinos tanto en las páginas web (www.geneticabovina.com.uy, www.geneticalechera.com.uy y www.geneticaovina.com.uy, respectivamente) como en los catálogos de

venta de las diferentes empresas comercializadoras de material genético. La información publicada en la página web es la transcripción de las evaluaciones genéticas nacionales o internacionales (ej. Evaluación Panamericana en Hereford e Internacional en razas lecheras); en tanto que la publicada por las empresas puede provenir de evaluaciones nacionales o extranjeras en caso de que los animales no cuenten aún con información propia o de sus descendientes en nuestro país.

Como producto de estas evaluaciones son obtenidos los valores genéticos (valor de cría) de diferentes caracteres, así como la confiabilidad con la que éstos fueron predichos, expresados a través de la precisión o exactitud en ganado para carne y por la repetibilidad o reliability (exactitud²) en ganado lechero; su interpretación dependerá del origen de la información disponible. En los catálogos se presenta la fracción del valor genético (mitad del valor de cría) que cada reproductor transmite a su descendencia y su precisión, las tendencias genéticas poblacionales, y la tabla de percentiles de la raza.

Para seleccionar animales en base a la información genética es importante conocer el significado de estos valores, así como las consecuencias favorables o desfavorables que estas elecciones traerán sobre el sistema de producción. Ya sea en el asesoramiento a cabañas (dedicadas a vender genética) o a productores comerciales (compradores de genética), la evaluación genética de los reproductores es un insumo para la toma de decisiones.

En función de lo expuesto, este trabajo tiene el objetivo de auxiliar al técnico en la interpretación de la información genética publicada en los catálogos de reproductores con el fin de

elegir los animales más adecuados a cada sistema de producción.

2. LAS EVALUACIONES GENÉTICAS

Se entiende por evaluación genética al proceso mediante el cual son obtenidos los valores genético-aditivos de cada animal para caracteres de importancia económica en los diferentes sistemas de producción. Estos programas tienen como objetivo identificar los mejores reproductores para los caracteres de interés.

Los criterios iniciales para decidir cuáles eran los mejores animales, eran criterios de estándares racial, de apreciación visual, o genealógicos. A mitad del siglo XX (1960,1970), comenzaron los registros de características productivas dentro de dentro de los establecimientos. Posteriormente se crearon las centrales de prueba de reproductores, en donde bajo un mismo ambiente son obtenidos los valores de cría de cada animal (Prueba Kiyú para Hereford o en EEMAC para Angus). En los años 90, a iniciativa de Facultad de Agronomía, se introduce el método del Mejor Predictor Lineal Insegado, conocido por sus siglas BLUP (del inglés Best Linear Unbiased Predictor), utilizado por primera vez en la raza Angus en nuestro país.

La particularidad que tienen las evaluaciones genéticas es que permiten evaluar a todos los individuos pertenecientes a la población registrada (machos y hembras; jóvenes y viejos; con y sin registros). Esto representa una diferencia muy importante con los métodos anteriores que trabajaban de manera más parcial y básicamente utilizando información contemporánea.

La información que ingresa a las evaluaciones genéticas corresponde a:

- Los fenotipos de los animales y en lo posible también de sus parientes (información productiva, reproductiva y de salud de las características), es decir, aquello que registramos en el campo;

- Identificación única de cada animal (no puede haber animales repetidos);
- Información genealógica de parientes (es la que nos va a permitir hacer conexiones entre los distintos establecimientos);
- Información ambiental (lotes de manejo, edades, época de nacimiento, grupos contemporáneos, etc.).

La evaluación genética forma parte de un programa integral de mejora genética y tiene que estar combinada con otras actividades. En un programa de mejora es importante definir los objetivos y los criterios de selección (qué vamos a medir y en qué animales). En este esquema, es necesario un buen sistema de registros para responder a la información de los criterios de selección, además de considerar los efectos ambientales y de manejo de forma tal que sean colocados sobre una misma base de comparación (mismo nivel de oportunidad). Procesada esta información se obtienen los valores genéticos de los animales para cada característica en términos de la Diferencia Esperada en la Progenie (DEP) y su correspondiente precisión o exactitud.

3. CATÁLOGOS DE REPRODUCTORES

Los catálogos de reproductores son un listado ordenado de animales que describe la información genética relevante de cada reproductor. El tipo de información presente en un catálogo puede variar, pero generalmente incluye:

- a. Nombre e identificación del reproductor
- b. Nombre del criador o propietario
- c. Genealogía
- d. Mérito genético (DEP)
- e. Precisión, exactitud o repetibilidad
- f. Tendencias genéticas
- g. Tabla de percentiles

3.1. Diferencia Esperada en la Progenie y su Interpretación

Basado en que cada padre transmitirá a sus descendientes la mitad de su valor genético, el valor publicado es la denominada DEP (de Diferencia Esperada en la Progenie), EPD (en inglés Expected Predicted Difference) o PTA (Predicted Transmitting Ability, usado comúnmente en razas lecheras). Numéricamente es la mitad del valor de cría, y es la herramienta que al momento se está utilizando para comparar u ordenar la superioridad de los animales.

La DEP es una estimación de los desvíos (positivos o negativos) que presentará la progenie de un animal con respecto a un valor base. La base varía según la evaluación genética, pudiendo ser la media de todos los individuos evaluados, o la media de determinada generación de animales, entre otras. Estos desvíos se expresan en las mismas unidades en que se describe cada característica. Los valores de DEP publicados en los catálogos permiten entonces comparar reproductores usados en diferentes años y establecimientos, siempre que pertenezcan a una misma evaluación.

Un valor positivo indica que los hijos de ese reproductor tendrán valores superiores en determinado carácter respecto a la base establecida, mientras que los valores negativos se referirán a lo contrario. En el Cuadro 1 se presenta un ejemplo de DEP de 3 toros para los pesos al nacer en una raza carnífera

En el ejemplo, el toro A1 es el que presenta mayor DEP para el carácter peso al nacer; esta DEP de +2.5 implica que los hijos de este padre nacerán 2.5 Kg más pesados respecto a la base genética fijada. En el extremo opuesto, el toro C3 será el que producirá los terneros más livianos al nacer en este ejemplo, siendo 0.5 Kg menores respecto a la misma base marcada. Por su parte los hijos del toro B2 tendrán

pesos al nacer similares a la base genética. Es importante tener en cuenta que, para poder comparar DEP de diferentes animales, éstos deben pertenecer a la misma evaluación genética pues la base es la misma y varía entre países, empresas o años.

Ahora bien, ¿cuál toro deberíamos elegir? Eso dependerá de nuestro sistema de producción. Para comenzar, deberíamos saber cómo el sistema de producción para el que queremos seleccionar un reproductor se posiciona respecto a la base genética anteriormente descrita; por otro lado, debemos tener claros los aspectos a mejorar en el sistema.

En relación al peso al nacer, en la mayoría de las razas utilizadas se busca su disminución, pues esto se asocia con mayores facilidades de parto. Resulta claro que deberíamos priorizar padres que generen hijos más livianos al nacer. En este caso, mientras que el toro C3 permitiría disminuir los pesos al nacer, A1 los aumentaría, y B2 los mantendría similares. No obstante, a la hora de elegir reproductores por sus valores genéticos, difícilmente lo hagamos centrados en un solo carácter, habiendo múltiples opciones capaces de auxiliar en diversas situaciones.

3.1.1 Predicciones del DEP

La corrección de los efectos ambientales y la predicción de los valores genéticos en simultáneo se logra mediante las metodologías de BLUE (Best Linear Unbiased Estimator) y BLUP (Best Linear Unbiased Predictor). Para estimar los DEP, estos procedimientos tienen en cuenta las diferentes oportunidades que tuvieron los animales y las relaciones de parentesco entre ellos (genealogía). Un ejemplo es la información utilizada de parientes directos antepasados o descendientes, o colaterales como hermanos enteros, medio hermanos primos, sobrinos o antepasados. En la Figura

Cuadro 1. Ejemplos de DEP para peso al nacer en bovinos de carne

TORO	A1	B2	C3
Peso al Nacer (Kg)	+2.5	0	-0.5

1 se presenta un ejemplo de un esquema genealógico posible de ocurrir en un sistema ganadero.

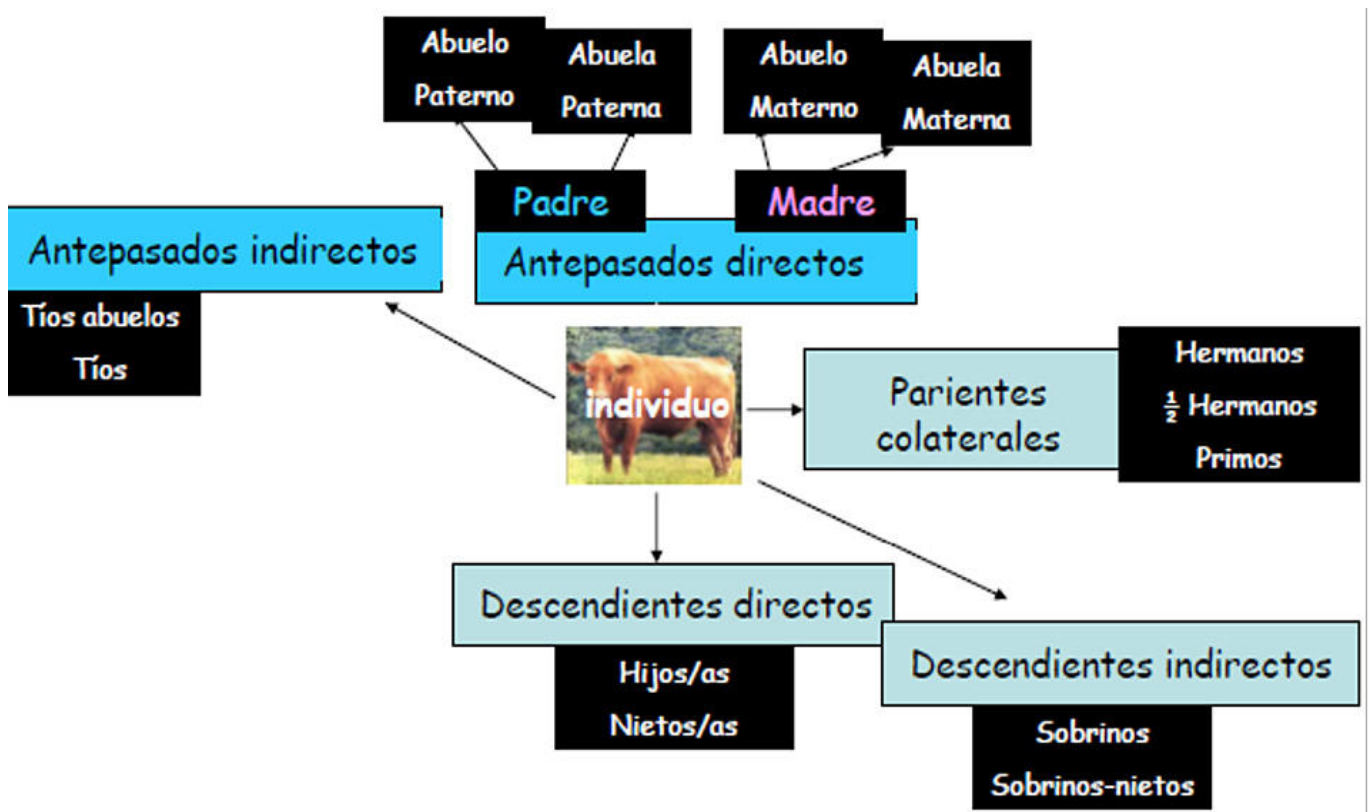
Cada flecha indica la transmisión de $\frac{1}{2}$ de genes desde el ancestro hacia su descendiente, por lo que en términos generales dos individuos tendrán un parentesco de $\frac{1}{2}$ elevado al número de conexiones (flechas) entre ambos. Por ej. el parentesco entre un tío y su sobrino (hijo de un medio hermano) será igual a $(\frac{1}{2})^3$ dado que hay 3 instancias de segregación entre ellos. El parentesco entre ambos es la probabilidad de encontrar el mismo gen proveniente de un mismo ancestro común (en este caso el padre del tío-abuelo del sobrino) en ambos individuos. Para ello debemos entonces multiplicar la probabilidad de que un gen sea transmitido desde el Abuelo hacia ambos hijos (tío y padre en este ejemplo) y que a su vez el padre se lo trasmita a su propio hijo (nieto en este caso). Sabiendo el valor genético de cualquiera de estos individuos, podremos a estimar el de otro mediante la estimación de su parentesco.

En nuestro país las razas carniceras son evaluadas usando datos provenientes de cabanías nacionales (razas Angus, Braford y Limousin) o incluyendo a otros países. Este último caso es el que representa a la raza Hereford, la que desde 2009 forma parte de la evaluación genética Panamericana junto a Argentina, Canadá y Estados Unidos. En la misma se crea una base de datos común a los 4 países y los valores genéticos estimados son válidos para todos los países integrantes de la evaluación.

Es importante aclarar que los valores obtenidos para las evaluaciones nacionales son comparables solamente para toros (nacionales o extranjeros) pertenecientes a esta base de datos.

Por su parte, desde el 2012, la raza Holando de Uruguay participa de la Evaluación Genética Internacional de Interbull junto con países de todos los continentes. A diferencia de la evaluación Panamericana, ésta genera 1 valor de DEP para cada animal en cada país participante debido a la consideración de la interacción

Figura 1. Esquema genealógico de información utilizada en evaluaciones genéticas.



genotipo x ambiente.

3.2. Precisión, Exactitud o Repetibilidad

La exactitud o precisión de la evaluación genética nos indica la confianza que podemos depositar en el valor genético predicho y está directamente relacionada a la información que se utilizó para estimarlo (progenie, otros parientes o el propio animal), de la heredabilidad de la característica, y del número de registros utilizados.

El valor de esta estimación puede variar entre 0 y 1. Una exactitud muy baja nos está indicando que el valor de cría fue estimado con muy poca información, pudiendo variar a medida que se agregue información.

En términos prácticos, la exactitud es una medida del riesgo que se asume al tomar decisiones de selección basándose en esa DEP. Entonces, cuando la exactitud es muy baja el riesgo asociado al tomar decisiones es alto. Por el contrario, si la exactitud es alta, el riesgo asociado será menor (Cuadro 2).

Las mismas consideraciones se pueden realizar para la repetibilidad como medida de incertidumbre de los DEP predichos en evaluaciones genéticas para bovinos lecheros.

3.3. Tendencias Genéticas

Disponer de información acerca del mérito genético de los animales que componen una raza a lo largo del tiempo es lo que permite estimar los cambios en dirección y magnitud que se producen en una característica. En los catálogos esta información se presenta en gráficos que muestran el DEP anual promedio para las

Cuadro 2. Precisión o exactitud de las estimaciones de DEP

Precisión o exactitud	
Baja	<0,40
Medio baja	0,40 a 0,60
Medio alta	0,60 a 0,80
Alta	>0,80

características evaluadas. La recta describe un promedio de los cambios ocurridos en todas las cabañas en un periodo considerado.

Las tendencias o progresos genéticos logrados en las razas carniceras de nuestro país han evolucionado de acuerdo con los requerimientos de los sistemas. Si bien se han incorporado varias características a las evaluaciones genéticas nacionales, de forma general éstas han sido asociadas al crecimiento de los animales.

Corroborando el éxito de la selección por esta vía, como resultado se lograron avances genéticos importantes en todos los rasgos seleccionados, conforme se presenta en la Figura 5.

Sin embargo, esta selección en favor de los caracteres de crecimiento de los animales tam-

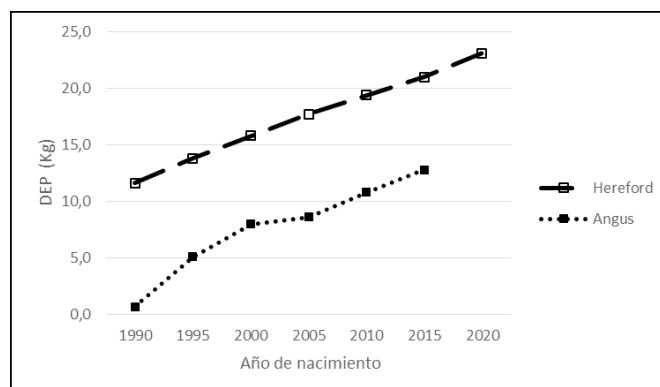


Figura 5. Tendencias genéticas para Pesos al destete Hereford y Angus de Uruguay. Adaptado de www.geneticabovina.com

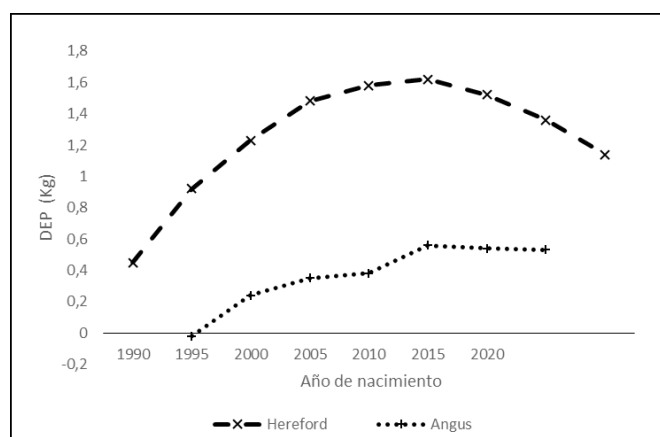


Figura 6. Tendencias genéticas para Pesos al nacimiento en las Poblaciones Hereford y Angus de Uruguay. Adaptado de www.geneticabovina.com

bién repercutió en el peso al nacer de los mismos y por ende en la dificultad de los partos. Como demuestra la Figura 6, esta tendencia fue revertida una vez que la selección se dirigió hacia la búsqueda de terneros más livianos y madres con mayor facilidad de parto.

Por su parte, en busca de mejoras en la eficiencia reproductiva por vía genética, y aunque sin éxito reflejado en la fertilidad de las hembras, la circunferencia escrotal ha logrado avances de 2.7 mm/año en la raza Hereford y de 1.7 mm/año en Angus.

En relación a las características de carcasa, el Área de Ojo de Bife aumentó a tasas de 0.15 y 0.05 cm² en Angus y Hereford respectivamente, en tanto las grasas Subcutánea e Intramuscular se mantuvieron prácticamente constantes en Angus y crecieron en Hereford. También, se observan tendencias positivas en relación al Índice de Cría y Completo desarrollados pro la raza Hereford de Uruguay, con incrementos anuales aproximados de 2.4% y 1.5% respectivamente.

3.4. Percentiles

Los percentiles representan los valores máximos (valor superior) y mínimos (valor inferior) de DEP para cada característica en la población y valores límites de DEP para cada percentil. Estos límites nos permiten ubicar un determinado animal en el contexto poblacional.

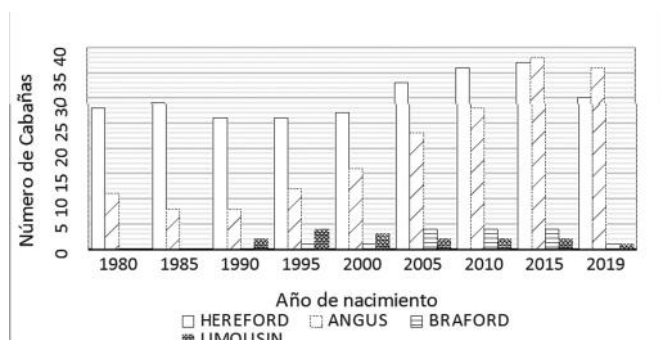


Figura 2. Evolución del número de cabañas participantes de evaluaciones genéticas de las razas Hereford, Aberdeen Angus, Braford y Limousin. Fuente: www.geneticabovina.com

4. LOS CARACTERES EVALUADOS Y SU ROL

Razas carniceras

Las evaluaciones genéticas a nivel nacional para las principales razas de carne, Hereford y Angus tuvieron sus comienzos al final de la década del 80 con trabajos de preparación y levantamiento de registros, siendo publicados los primeros catálogos nacionales de reproductores a comienzos de la década del 90. Desde sus inicios las evaluaciones genéticas fueron realizadas por el Servicio de Evaluación de Reproductores (SER) integrado por la Facultad de Agronomía, la Asociación Rural del Uruguay (ARU) y la Sociedad de Criadores Angus del Uruguay. A partir del Año 2001 INIA se incorpora al SER, participando en el procesamiento y análisis de los datos de la raza (Ravagnolo et al., 2013).

Las primeras evaluaciones nacionales proporcionaron inicialmente DEPs para pesos al destete, 15 y 18 meses, y habilidad lechera. Posteriormente fueron incorporadas en etapas sucesivas peso al nacimiento, circunferencia escrotal, área de ojo de bife y espesor de grasa subcutánea. En la actualidad se llevan además registros de grasa intramuscular a los 18 meses, y registro de condición corporal y peso de las vacas al momento de destetar los terneros (Lema y Ravagnolo, 2008).

En la actualidad, las evaluaciones genéticas a nivel nacional en bovinos de carne son realizadas para las razas Hereford, Aberdeen Angus y Braford, en tanto la raza Limousin se encuentra en etapa de recolección de registros. Los resultados para cada raza y animal se encuentran disponibles en la página www.geneticabovina.com.uy desarrollado por INIA en 2013.

Desde los comienzos de los registros hasta la actualidad ha habido un importante incremento en el número de cabañas participantes en las evaluaciones genéticas, así como en la cantidad de animales con información a evaluar (Figuras 2 y 3, respectivamente), realizan-

do una acumulación importante de datos genealógicos.

Al ser la raza más utilizada, Hereford es la que se encuentra representada con más de 150 cabañas seguido por Angus con alrededor de 100 y en menor escala Braford dada su reciente aparición en las evaluaciones. De la misma forma, el número de animales se hace presente en la misma escala con mayor cantidad en las razas Hereford y Angus.

Hay varias características importantes para los sistemas ganaderos de nuestro país que cuentan con valores genéticos estimados. En el Cuadro 2 se presentan los caracteres evaluados genéticamente (DEP) para las razas Angus, Hereford y Braford.

Existen caracteres que son objetivo de selección, en tanto otros son criterios que utilizamos para alcanzar los objetivos. Se define como objetivo a aquel carácter que mediante su propia selección se logra la mejora genética deseada. Ejemplo de esto lo constituyen el peso al destete, peso adulto o la facilidad de parto al ser medidas las propias variables de interés a mejorar.

Sin embargo, algunas veces es necesario entender caracteres de difícil medición (ej., consumo, eficiencia de conversión), o que llevan mucho tiempo para ser determinados (ej., vida útil, longevidad) o se miden en el otro sexo (ej. producción de leche). En este caso, recurrimos a los criterios de selección, los que consisten

en caracteres que pueden medirse con cierta facilidad y tienen relación genética (correlación) con los objetivos de selección. Su rol en este caso es oficiar de mediadores entre lo que debemos mejorar y lo que podemos medir, siendo llamados como caracteres indicadores.

Hay dos ejemplos muy utilizados por los productores: el Peso al Nacer de los terneros como indicador de la facilidad de parto, y la Circunferencia Escrotal de los toros relacionada con la precocidad de sus hijas y en cierto grado con su fertilidad.

En la raza Hereford, además de evaluarse el peso al nacimiento de los terneros, también se registra la facilidad de parto en las vacas y en los terneros. La facilidad de parto materna representa la facilidad (DEP positivas) o dificultad (DEP negativas) que tendrán las hijas de cada toro evaluado. Por su parte, la facilidad de parto directa se refiere a la conformación que tendrán los hijos de un toro dado, siendo “fáciles” o “difíciles” de nacer.

Los pesos al destete, 15, 18 meses y el peso adulto de las vacas nos indican la habilidad propia del animal para alcanzar a esa edad determinado peso vivo.

El peso a los 18 meses es el más relacionado con el peso adulto, pudiendo seleccionar animales a esta edad sin tener que esperar la madurez del animal.

El Peso al Destete si bien depende de la habilidad del ternero y de la producción de leche de sus madres, esta última característica es separada en la evaluación genética y está representada como la Habilidad Lechera. Un toro con DEP +5 en habilidad lechera significa que generará hijas que en promedio destetarán a sus hijos 5 kg más pesados respecto a la base de referencia.

La reciente inclusión la característica Peso Adulto en la evaluación genética permite hoy al productor controlar este carácter en las vacas de cría, dada su relación con los requerimien-

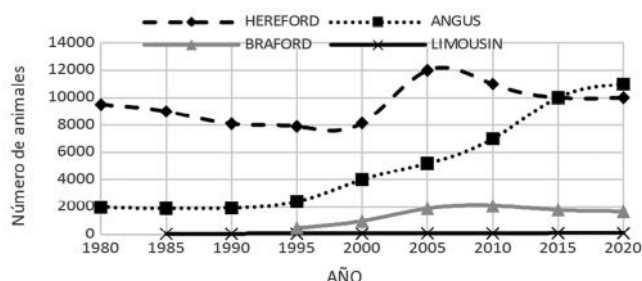


Figura 3. Evolución del número de animales participantes de evaluaciones genéticas de las razas Hereford, Aberdeen Angus, Braford y Limousin en función del año de nacimiento (en base a información de evaluaciones genéticas 2019). Fuente: www.geneticabovina.com

tos de mantenimiento.

Dentro de los caracteres de carcasa tenemos al Área de Ojo de Bife, Espesor de Grasa Subcutánea y el Marbling o grasa intramuscular.

El primero de éstos no es un objetivo de selección sino un carácter indicador de los rendimientos de la carcasa y el peso de los cortes

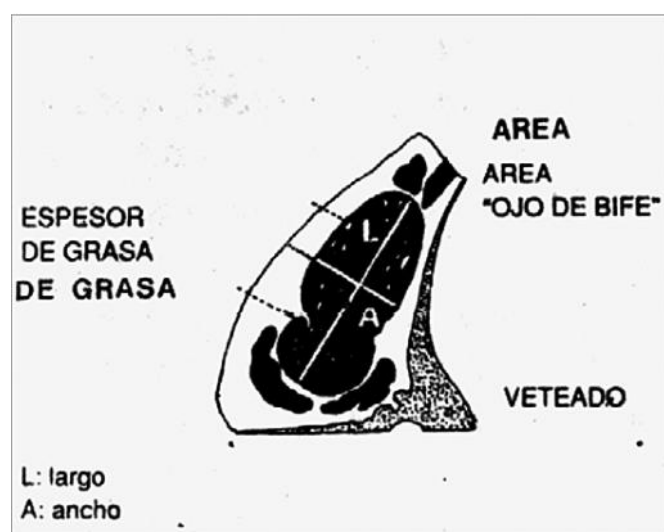


Figura 4. Esquema ilustrativo de medidas en cortes carniceros

más valiosos que tendrá el animal. El Espesor de Grasa Subcutánea y el Marmoreo nos indican la facilidad de los animales para depositar grasa subcutánea o intramuscular, respectivamente.

Por último, los Índices de Cría y Completores desarrollados para la raza Hereford reúnen un conjunto de variables determinadas como económicamente importantes para sistemas criadores y de ciclo completo definidos. En este caso cada toro genera un valor que es el resultado de una ecuación en la que se combinan valores genéticos (DEP) y coeficientes económicos. Los toros que presenten mayores valores en el Índice serán los más apropiados para el sistema de producción definido.

b.- Razas Lecheras - Evaluaciones genéticas internacionales

Las técnicas reproductivas han permitido la difusión masiva de material genético a nivel mundial y, en consecuencia, el desarrollo de la evaluación genética internacional para ganado lechero, específicamente para toros probados a nivel nacional nacidos luego de 1986 y con

Cuadro 2. Caracteres evaluados genéticamente en las razas Angus, Hereford y Braford en Uruguay

CARACTERES EVALUADOS	Angus	Hereford	Braford
Peso al Nacer	*	*	*
Peso al Destete	*	*	*
Habilidad Lechera	*	*	*
Peso a los 15 meses	*		*
Peso a los 18 meses	*	*	*
Peso Adulto	*	*	
Circunferencia escrotal	*	*	
Área de Ojo de Bife	*	*	
Espesor de Grasa Subcutánea	*	*	
Marmoreo		*	
Facilidad de parto directa	*		
Facilidad e parto materna	*		
Índice de Selección	*		

Fuente: Adaptado de Lema et al., 2013

un mínimo de 10 hijas en 10 o más rodeos (Schaeffer, 1985, 1994).

A partir de la evaluación genética internacional en toros llevada a cabo por Interbull (MACE, del inglés 'Multi-trait Across Country Evaluation'), los países que participan han logrado potenciar sus evaluaciones genéticas domésticas aumentando las exactitudes en las predicciones genómicas, gracias al aumento del tamaño de sus respectivas poblaciones de referencia (Wiggans et al., 2011; Guarini et al., 2019).

Desde el 2012, la raza Holando de Uruguay participa de la Evaluación Genética Internacional de Interbull. Esto permite aumentar la exactitud de las predicciones de DEP, principalmente de toros extranjeros probados en el país, y disponer de toros evaluados mundialmente con su valor de cría traducido a las condiciones uruguayas de producción (Schaeffer, 1994; Vandenplas et al., 2014). La inclusión de la información de toros (con y sin información genómica) proveniente de MACE a la evaluación genética nacional representa un desafío.

En Uruguay, las evaluaciones genéticas de ganado lechero se realizan para la raza Holando (desde 1994) y Jersey (desde 2017), en el marco de un convenio entre las Sociedades de Criadores de cada raza con diversas instituciones (Asociación Rural del Uruguay, Mejoramiento y Control Lechero Uruguayo, el Instituto Nacional de la Leche, la Facultad de Agronomía y el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria).

En Holando se publican los DEP para caracteres de Tipo (conformación) solamente para toros con Evaluación Genética Nacional. Además, para toros con Evaluación Genética Nacional o Internacional se publican los DEP para caracteres productivos (Leche, Grasa y Proteína), de fertilidad en hembras (Tasa de preñez de hijas a los 21 días post-servicio) y de salud de ubre (Recuento de Células Somáticas). Además, existe un Índice Económico Productivo (IEP) con base 100, que combina en un solo valor numérico la información de los caracteres

evaluados para producción, fertilidad y salud de ubre y a su vez considera la información del sistema nacional de pago por leche en Uruguay. Por tanto, el IEP brinda una referencia rápida sobre la calidad genética y económica de los animales dentro del sistema de producción lechero de Uruguay. El uso de individuos con un IEP superior a 100, se espera que aumenten la rentabilidad productiva del rodeo uruguayo. En Jersey, sólo se publican los DEP de toros con Evaluación Genética Nacional para los mismos caracteres productivos, de fertilidad en hembras y de salud de ubre descriptos para Holando. De manera similar a Holando, para Jersey se definió un IEP exclusivo para la raza Jersey (IEPJ) que facilita la selección de hembras y toros de la raza (Genética lechera, 2022; INIA, 2022).

A nivel mundial, otras poblaciones de Holando, Jersey o de otra raza lechera, también son evaluadas genéticamente por caracteres como longevidad, estado corporal, facilidad de parto, mastitis, aborto en hijas, eficiencia alimenticia, resistencia al estrés térmico, enfermedades metabólicas, entre otras (Aguilar 2018, Interbull, 2022).

5. EVALUACIONES GENÓMICAS

Las evaluaciones genéticas tradicionales generan predicciones del mérito genético combinando información fenotípica y genealógica. Sin embargo, la disponibilidad de paneles densos de marcadores de SNP (polimorfismo de un solo nucleótido) a costos rentables (Williams, 2005) ha permitido incorporar una nueva herramienta para el mejoramiento genético: la Evaluación Genómica (EG). La EG utiliza información de miles de SNP distribuidos a lo largo del genoma. Estos marcadores sirven como referencia, por estar próximos en el genoma a regiones vinculadas a caracteres cuantitativos, es decir, QTL (del inglés 'Quantitative Trait Loci'), permiten incrementar el progreso genético en caracteres de interés económico (Meuwissen et al., 2001; Goddard & Hayes, 2009).

Las evaluaciones genéticas comenzaron

a incorporar por primera vez información genómica en el 2009 en la evaluación genética de ganado lechero de EE.UU. (Wiggans et al., 2011); y hoy mundialmente también se realizan con éxito evaluaciones genómicas en bovinos para carne, ovinos, cabras, cerdos, aves y peces (Georges et al., 2019). En Uruguay, las EG están disponibles en bovinos para carne (desde 2019 en Hereford y desde 2021 en Aberdeen Angus). Además, en ganado lechero y en ovinos existen proyectos en curso para implementar evaluaciones genómicas (Aguilar, 2018, Ciappesoni et al., 2011).

En ganado lechero las EG han tenido un singular éxito a nivel mundial para realizar la selección usando información genómica. En la selección genómica se ha encontrado una herramienta para mejorar la eficiencia de los programas de mejora genética lechera (Schaeffer, 2006) porque permite incrementar la exactitud en las estimaciones de los DEP a edad temprana. Esto permite además disminuir el intervalo generacional, evitando el período de 5 a 6 años que conlleva generalmente una prueba de progenie (Schaeffer, 2006; Hayes & Goddard, 2010; Pryce & Daetwyler, 2012), la cual puede prolongarse en condiciones uruguayas (Aguilar, 2018). Por tanto, la EG complementa la evaluación genética tradicional, logrando incrementar el potencial de la respuesta a la selección (Hill, 2014). A consecuencia de la selección genómica, en ganado lechero se han reportado tasas de ganancia genética anual entre el 33 y 71% en Francia (Doublet et al., 2019); en Holanda de EE.UU. el aumento fue entre 50 y 100% en caracteres productivos (heredabilidad moderada) y el impacto aún fue mayor en los de baja heredabilidad (García-Ruiz et al., 2016).

6. IMPLICANCIAS

En nuestro país, los productores disponen de información obtenida a través de sistemas de registros y programas de evaluación genética para las diferentes razas bovinas. Esta información auxilia en la toma de decisiones a la hora de elegir un reproductor.

El objetivo final en el uso de herramientas en mejoramiento genético es lograr un impacto directo sobre la producción y eficiencia de los rodeos carniceros o lecheros y de las majadas, con el fin de que se traduzca en mayores retornos económicos del sistema productivo.

Cuando el productor toma la decisión de incorporar o refugar reproductores al rodeo, está modificando el pool genético de su población. Si estos toros tienen evaluación genética, este cambio introduce progreso genético hacia la dirección buscada. Por el contrario, si se desconocen los valores genéticos, se desconoce también el aporte que el toro provocará a su descendencia.

Al seleccionar un padre (o una madre), se debe definir qué característica(s) se quiere mejorar (objetivos de selección), las que dependerán de cada sistema. El manejo del establecimiento, así como la importancia de cada variable en la economía ayudarán en la definición del objetivo de selección más adecuado a cada situación.

Posteriormente, la selección por DEP de acuerdo a los objetivos fijados junto al auxilio de la precisión o exactitud de cada estimación permitirá avances genéticos y por ende productivos y económicos más eficientes. La elección de los reproductores debería combinar las características que mejor se adapten al sistema de producción.

Las decisiones de selección que se realizan hoy tendrán un efecto a la producción del establecimiento en los próximos años, siendo esencial que tanto los toros como las hembras de reemplazo se elijan acorde a las metas productivas presentes y futuras.

Un buen reproductor debe ser una inversión y no un gasto, y su éxito va a depender de la elección.

7. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

AGUILAR I. 2018. Genética Lechera. La

experiencia uruguaya. Curso de Posgrado en Mejora Genética Animal. Facultad de Agronomía (Udelar).

CIAPPESONI, G.; GIMENO, D.; CORONEL, F. 2011. Evaluaciones Genéticas de Ovinos en Uruguay: desde el tatuaje a la genómica. https://www.geneticaovina.com.uy/archivos/Evaluaciones_Geneticas_de_Ovinos_en_Uruguay_Revista_ARU.pdf

DOUBLET, A. C.; CROISEAU, P.; FRITZ, S.; MICHENET, A.; HOZÉ, C.; DANCHIN-BURGE, C.; LALOË, D.; RESTOUX, G. 2019. The impact of genomic selection on genetic diversity and genetic gain in three French dairy cattle breeds. *Genetics Selection Evolution* 51. <https://gsejournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12711-019-0495-1>

GARCÍA-RUIZ, A.; COLE, J. B.; VANRADEN, P. M.; WIGGANS, G. R.; RUIZ-LÓPEZ, F. J.; VAN TASSELL, C. P. 2016. Changes in genetic selection differentials and generation intervals in US Holstein dairy cattle as a result of genomic selection. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 113:E3995-E4004. <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1519061113>

GIMENO, D. 2013. Aspectos que se deben considerar en la interpretación de la información genética para la elección de animales superiores. INIA Tacuarembó, INIA Las Brujas. <http://www.inia.uy/Publicaciones/Paginas/publicacionAINFO-53418.aspx>

INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). 2022. Evaluaciones genéticas bovinas (en línea). Montevideo. s.p. Consultado abril. 2022. Disponible en <https://www.geneticabovina.com.uy/>

INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). 2022. Evaluaciones genéticas de razas lecheras (en línea). Montevideo. s.p. Consultado abril. 2022. Disponible en <https://www.geneticalechera.com.uy/>

GEORGES, M.; CHARLIER, C.; HAYES, B. 2019. Harnessing genomic information for livestock improvement. *Nat Rev Genet.* 20(3):135-156. <https://www.nature.com/articles/s41576-018-0082-2>

GUARINI, A. R.; LOURENCO, D. A. L.; BRITO, L. F.; SARGOLZAEI, M.; BAES, C. F.; MIGLIOR, F.; TSURUTA, S.; MISZTAL, I.; SCHENKEL, F. S. 2019. Use of a single-step approach for integrating foreign information into national genomic evaluation in Holstein cattle. *Journal of Dairy Science* 102:8175-8183. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31301840/>

HAYES, B.; GODDARD, M. 2010. Genome-wide association and genomic selection in animal breeding. *Genome* 53:876-883. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21076503/>

HILL, W. G. 2014. Applications of population genetics to animal breeding, from wright, fisher and lush to genomic prediction. *Genetics* 196:1-16. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24395822/>

LEMA, M.; RAVAGNOLO, O. 2008. Reporte total del rodeo; una nueva etapa de las evaluaciones genéticas de bovinos para carne. In: Seminario de Actualización Técnica; Cría Vacuna (2008, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 40-46 (Serie Técnica no. 174). <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7738/1/st-174-2008-p.40-46.pdf>

LEMA, M.; RAVAGNOLO, O.; SOARES DE LIMA, J. M. 2013. Avances en Herramientas de Selección para la cría: Peso adulto, características reproductivas e Índices de selección. Seminario de Actualización técnica: Cría Vacuna. INIA 208: 27 – 34. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7562/1/st-208-2013.-p.27-34.pdf>

MEDINA, M.; ESPASANDIN, A. C., 2017. Utilización de toros con Diferencia Esperada en la Progenie em los sistemas criadores.

Revista CANGÜÉ 39: 7-10. http://www.eemac.edu.uy/cangue/images/revistas/revista_39/Cangue39_toros%20dep.pdf

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. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11290733/>

PRAVIA, M. I.; RAVAGNOLO, O.; URIOS-TE, J.; GARRICK, D. 2013. Identification of breeding objectives using a bioeconomic model for a beef cattle production system in Uruguay. *Livestock Science*, 21-28. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871141313005519?via%3Dihub>

PRYCE, J. E.; DAETWYLER, H. D. 2012. Designing dairy cattle breeding schemes under genomic selection: A review of international research. *Animal Production Science* 52:107-114. <https://www.publish.csiro.au/an/AN11098>

RAVAGNOLO, O.; CIAPESONI, G.; AGUILAR, I.; PRAVIA M. I., 2005. Herramienta para un crecimiento permanente. *Revista INIA* 2: 6 – 9. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/201/1/111219220807143701.pdf>

RAVAGNOLO, O.; LEMA, M.; SOARES DE LIMA, J. M.; PRAVIA, M. I.; MONTOSI, F., 2012. Nuevas Herramientas, Nuevas Decisiones de Selección. *Revista INIA* 30: 7 – 10. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2130/1/18429091012103521.pdf>

RAVAGNOLO, O.; LEMA M.; GOLDBERG V. 2013. Información objetiva para la selección de reproductores en razas carniceras. *Revista INIA* 35: 9 – 13. <https://www.geneticabovina.com.uy/archivos/Informaci%C3%B3n%20objetiva%20para%20la%20selecci%C3%B3n%20de%20reproductores%20en%20razas%20carniceras.pdf>

SCHAEFFER, L. R. 1985. Model for international evaluation of dairy sires. *Livestock Production Science* 12:105-115. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0301622685900843>

SCHAEFFER, L. R. 1994. Multiple-Country Comparison of Dairy Sires. *Journal of Dairy Science* 77:2671-2678. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7814738/>

SCHAEFFER, L. R. 2006. Strategy for applying genome-wide selection in dairy cattle. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 123:218-223. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1439-0388.2006.00595.x>

SOARES DE LIMA, J. M.; PRAVIA, M. I.; RAVAGNOLO, O.; MONTOSI, F. Índice de selección para la Cría: “Una nueva herramienta disponible en Uruguay para seleccionar reproductores por su mérito económico en la raza Hereford”. <https://1library.co/document/qvrp-jory-soares-pravia-ravagnolo-montossi-programa-nacional-uruguay-introduccion.html>

VANDENPLAS, J.; COLINET, F. G.; GENGLER, N. 2014. Unified method to integrate and blend several, potentially related, sources of information for genetic evaluation. *Genetics Selection Evolution* 46:1-15. <https://gsejournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12711-014-0059-3>

WIGGANS, G. R.; VANRADEN, P. M.; COOPER, T. A. 2011. The genomic evaluation system in the United States: Past, present, future. *Journal of Dairy Science* 94:3202-3211. [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(11\)00307-9/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(11)00307-9/fulltext)

WILLIAMS, J. L. 2005. The use of marker-assisted selection in animal breeding and biotechnology. *OIE Revue Scientifique et Technique* 24:379-391. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16110903/>