

XIV. ASPECTOS QUE SE DEBEN CONSIDERAR EN LA INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN GENÉTICA PARA LA ELECCIÓN DE ANIMALES SUPERIORES

D. Gimeno¹
Publicado en Diciembre 2003

XIV.1. INTRODUCCIÓN

En la selección de animales -como futuros reproductores- interesa identificar los mejores ejemplares, portadores de combinaciones favorables de genes que se espera se transmitan a su descendencia. Esta es una decisión importante para los productores y para que sea exitosa -en la gran mayoría de los casos- debe estar basada en el mérito genético esperado y no simplemente en el comportamiento o apariencia de los animales.

La evaluación genética es la actividad, dentro de un esquema de mejora, que predice estos méritos. Toma en cuenta el comportamiento de cada animal en determinada característica (peso de vellón, presencia o ausencia de determinada enfermedad, número de huevos por gramo de heces, etc.). Puede considerar las relaciones de parentesco entre los animales y las diferentes oportunidades que tuvieron para expresar el comportamiento observado.

XIV.2. BASE GENÉTICA Y COMPORTAMIENTO

En general, las características de interés económico están afectadas por muchos genes, algunos de los cuales pueden tener un rol importante (efecto mayor sobre la expresión del carácter). Existen genes que afectan el crecimiento del animal (actúan sobre las hormonas de crecimiento), la reproducción (gen Boorola), la composición de la canal (gen doble musculado). A su vez, existen cientos de genes de pequeño efecto que intervienen en la manifestación de la mayoría de las características de interés económico.

A los efectos de una mejor comprensión del tema, tomaremos una característica afectada solamente por un gen con dos variantes, una variante buena (triángulo) y otra mala (círculo). Cada animal tiene dos copias de cada gen, provenientes de cada uno de los padres.

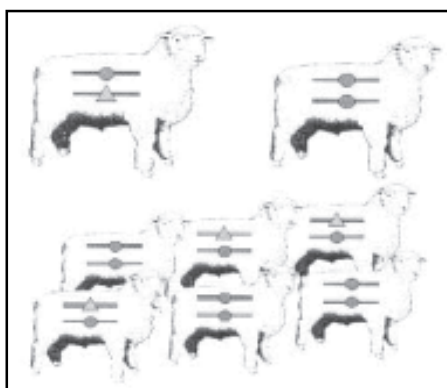


Figura 1. Progenie resultante de un cruzamiento para una característica que considera un gen. Fuente: Kinghorn *et al.* (2000).

¹ Dpto. de Producción Ovina, SUL.

Supongamos que un carnero tiene una sola copia de la variante triángulo y se aparea con una oveja con dos variantes círculo (Figura 1). Esperaremos que la mitad de la progenie posea la variante buena. De seis hijos, tres tendrán la variante triángulo. Entonces, si conociéramos con total seguridad las variantes que cada animal posee, sería muy fácil usar el comportamiento de cada animal para realizar la elección de los futuros reproductores, es decir, seleccionaríamos los animales con la variante triángulo.

La realidad es más compleja, existen muchos genes que intervienen en la manifestación genética de las características de interés económico, actuando en diferentes procesos metabólicos.

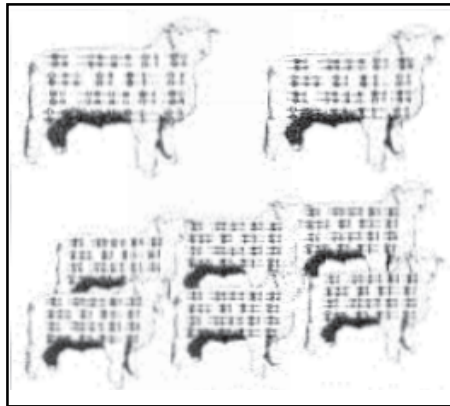


Figura 2. Progenie resultante de un cruzamiento para una característica que considera muchos genes. Fuente: Kinghorn *et al.* (2000).

En la Figura 2, no es claro determinar que variantes de los genes presentan el carnero y la oveja, y menos aún saber el de las diferentes progenies, por lo tanto, es difícil usar el comportamiento de cada animal para predecir el mérito genético.

Adicionalmente, el comportamiento que manifiestan los animales en diferentes atributos depende de la oportunidad (ambiente) que cada uno tuvo. Entonces, el comportamiento de un animal va estar determinado por su genotipo y su oportunidad de manifestarlo. Dentro del genotipo los efectos genéticos aditivos o de cría son los que nos interesan para realizar la selección de los posibles padres de las generaciones futuras. El interés es predecir el valor de los genes que los padres le transmiten a sus hijos individualmente. Se transmite solo una variante del gen (triángulo o círculo) y no la combinación.

COMPORTAMIENTO	=	OPORTUNIDAD	+	GENOTIPO
Peso Vellón Limpio		Año		Valor de Cría
Peso al Destete		Tipo nacimiento		o
HPG		Edad		Valor Aditivo
Diámetro		Majada		Etc.
Etc.		Etc.		

La oportunidad es la situación especial que tuvo cada animal para expresar su genotipo, puede perjudicar el cálculo del mérito genético, ya que este se basa en la medición de los comportamientos. No es lo mismo un animal que obtuvo su primer peso de vellón limpio y diámetro en un año de seca que otro que lo obtuvo en un año lluvioso. Lo mismo ocurre con el peso al destete y el peso al año de un animal nacido y criado como mellizo con otro que fue único. Otro ejemplo es comparar estos pesos vivos de un animal que nació al comienzo

de la estación de parición y otro que lo hizo a lo último. El primero al ser más viejo tenderá a ser más pesado por el simple hecho de haber consumido forraje por más tiempo. Sí, por ejemplo, no tuviéramos en cuenta la edad de los animales, tenderíamos a seleccionar por peso a aquellos más viejos. Por lo tanto, es muy importante su identificación para poder lograr una correcta evaluación genética de los animales.

Para obtener comparaciones válidas entre animales es necesario hacerlas a igual nivel de oportunidad. Existen dos maneras, una es corregir la información con factores precalculados y la otra es considerar las diferentes oportunidades simultáneamente en la predicción del valor de cría o la diferencia esperada en la progenie. Esta última es la que usan los métodos actuales de evaluación.

XIV.3. DIFERENCIA ESPERADA EN LA PROGENIE (DEP)

La DEP o EPD (Expected Progeny Difference, en inglés), es simplemente la mitad del valor de cría (o valor aditivo) de un animal. Es la diferencia que se espera observar entre los promedios de los hijos de un animal evaluado y el de la progenie de un animal base, cuyo DEP es cero (población base). Estas comparaciones asumen igual ambiente. Entonces la DEP es la predicción del comportamiento genético de la progenie en relación a un estándar.

Por ejemplo, si un carnero tiene una DEP para diámetro de la fibra de -0.45 micras, esto significa que esperamos que la progenie produzca fibras 0.45 micras más finas en relación a un carnero teórico con DEP cero.

La DEP sirve para comparar animales desde el punto de vista genético. Retomando el ejemplo anterior, este carnero producirá progenies 1 micra más finas que aquellas de un carnero con DEP de 0.55 ($-0.45 - 0.55 = -1$).

Al ser las DEPs valores relativos a una población base, es común en las evaluaciones genéticas fijar una base de comparación. A todos las DEPs se le resta el promedio de las DEPs de aquellos animales pertenecientes al año base, con lo cual dichos individuos tienen una DEP promedio igual a cero. Esta resta no produce ningún efecto en las comparaciones entre los animales y el ordenamiento es el mismo cualquiera sea la población base elegida. Este ajuste se realiza para tener un punto de referencia.

Existen dos tipos de bases: fijas y móviles.

Base fija:

- Se elige y no se cambia a lo largo del tiempo. Se toma los valores genéticos de los animales nacidos en un año determinado (por ejemplo: 1998) o el promedio de un grupo de años consecutivos (1998, 1999, 2000).
- Salvo fluctuaciones por el agregado de nueva información, las DEPs tienden a permanecer estables, porque se compara siempre con el mismo grupo de animales incluidos en la base.
- Si la tendencia genética de la población es positiva, año a año la mayoría de las DEPs tomarán valores positivos.

Base móvil:

- La base cambia en cada evaluación genética. Por ejemplo, se puede tomar el promedio de las DEPs de los tres años previos, siendo este procedimiento realista si existe tendencia genética por selección. Sin embargo, el cambio de las DEPs todos los años, genera

confusión. Un carnero con una DEP de -0.4 para diámetro de la fibra en la evaluación del año 1997, podría pasar a tener una DEP de +0.2 en la evaluación del año 2000, como resultado de una disminución de las DEPs promedio de los animales de la base flotante y no por un incremento de la información del carnero.

- Si la tendencia genética de la población es positiva, las DEPs de los animales más viejos tienden a bajar debido a que son comparados con los animales más jóvenes.
- Se facilita la visualización de los animales con DEPs por encima del promedio, valor que cambia en cada nueva evaluación, debido a la tendencia genética.

Si no se establece una base, las DEPs de animales que no incorporan información podrán variar al cambiar la población base (de referencia). Esta población está determinada por los animales sin padre y madre, llamados también animales fundadores. Estos pueden pertenecer a diferentes generaciones.

En los caracteres como el peso al destete de los corderos, podemos definir otro componente importante, el maternal. El comportamiento observado en un cordero, no sólo va estar determinado por los genes que posee, sino también por los genes de su madre, influenciando ella el ambiente (oportunidad) del cordero. Se asume que este componente materno va ser función principalmente de la producción de leche, por lo que es llamado DEP de leche.

XIV.4. CÁLCULO DE LAS DEPs

La predicción de las DEPs se realiza usando un procedimiento estadístico sofisticado llamado BLUP (Best Lineal Unbiased Predictor). Para su cálculo, toma en cuenta las diferentes oportunidades que tuvieron los animales y las relaciones de parentesco entre ellos (genealogía).

En cuanto al uso de información genealógica, podemos diferenciar dos tipos de modelos, Modelo Padre y Modelo Animal, con características particulares y por lo tanto potencialidades diferentes.

XIV.4.1. MODELO PADRE

Este modelo fue el primero en implementarse en las evaluaciones de toros lecheros en Estados Unidos.

Las características principales son:

- Solo evalúa padres.
- Se mide el comportamiento en la progenie (prueba de progenie).
- Genealogía requerida: identificación de padres e hijos.
- Se requieren apareamientos aleatorios.
- Es necesario padres conectores o de referencia entre las majadas.

Las evaluaciones genéticas basadas en el modelo padre, como el nombre lo indica, solo predicen el mérito genético de los padres. Usa como fuente de información, el comportamiento de las progenes, o sea, el diseño es el de una prueba de progenie. Es necesario que a cada padre se le asignen las hembras en forma aleatoria, de tal manera que el mérito genético promedio de cada grupo de hembras sea el mismo.

Tenemos que tener en cuenta que cada padre le transmite la mitad de su valor de cría (VC) a su progenie. El mérito genético de un animal es determinado por el mérito de su padre y de su madre, pudiéndose expresar por la siguiente ecuación:

$$VC_{\text{Animal}} = \frac{1}{2} VC_{\text{Padre}} + \frac{1}{2} VC_{\text{Madre}} + \text{Lotería Genética}$$

La lotería genética (segregación mendeliana), representa la combinación genética particular que recibió un animal. Existen diferencias genéticas entre animales nacidos del mismo apareamiento, los hermanos enteros no son genéticamente iguales. En el caso más simple uno puede haber recibido el gen triángulo y otro el gen círculo del padre.

Si a un carnero lo apareamos aleatoriamente con ovejas, podemos esperar que el mérito genético promedio de éstas sea cero, la lotería genética promedio también lo sea, con lo cual podemos predecir el valor de cría del carnero. Si en cambio a un carnero le asignamos las mejores ovejas, el promedio de los valores de cría de las hembras será positivo, con lo que estaríamos sobrestimando el valor de cría del carnero.

XIV.4.2. MODELO ANIMAL

En la década del 80, gracias a la incorporación de nueva tecnología genética animal y a una nueva generación de computadoras, se empezó a implementar el modelo animal. Esta técnica permite obtener no solo el mérito genético de los animales en los cuales registramos el comportamiento, sino también de todos los animales que están emparentados con él. Los animales, padres y madres tendrán una estimación de las DEPs.

Las características principales son:

- Evalúa a todos los animales que están emparentados con los animales que se les midió el comportamiento (padres, madres y progenie).
- Genealogía completa (Parentesco).
- No requiere apareamientos aleatorios.
- Padres conectores o de referencia en menor grado.
- Efectos maternos, marcadores moleculares, etc.

Las tres fuentes de información usada en la predicción de la DEP de un animal son la de los padres, la propia y la de su progenie.

Al predecir simultáneamente las DEPs de todos los animales, este modelo corrige automáticamente por apareamientos no aleatorios. Un carnero puede ser usado con las mejores ovejas y su DEP no estar sobrevaluado. Se ajusta por las DEPs de las ovejas. Cuando todas las relaciones de parentesco son conocidas, tiene en cuenta la tendencia genética producida por la selección. Este modelo permite estimar las DEPs maternas, no solo para las hembras sino también para los machos, con lo cual se puede seleccionar animales que transmitan valores de cría para leche a sus progenies.

XIV.5. EXACTITUD

Cuando se agrega más información a un animal, la DEP de éste puede cambiar, aumentando o disminuyendo. La exactitud o precisión mide el riesgo de este cambio. Varía entre cero y uno.

Supongamos que tenemos dos carneros con igual DEP y diferente precisión. No existe razón para pensar que el comportamiento de la progenie del carnero con mayor exactitud sea mejor. Podemos argumentar que el carnero con DEP menos precisa, tiene más chance de disminuir su DEP, pero igualmente, tiene más chance de mejorarlo. Los productores adversos al riesgo estarán propicios a elegir reproductores con precisiones altas y con buenos DEPs.

La exactitud mide la cantidad de información usada en la predicción de la DEP, por lo que será mayor cuando usamos un modelo animal que un modelo padre. *¿Cuándo consideramos una buena precisión?* La respuesta a esta pregunta varía de acuerdo al riesgo que cada persona este dispuesto a asumir (Cuadro 1).

Cuadro 1. Precisión de las estimaciones de las DEPs.

	Exactitud	Comentario
Baja	Menos de 0.40	Incierta, pero aún mejor que nada
Medio Baja	0.40 a 0.60	Digna de atención, pero riesgosa
MedioAlta	0.60 a 0.80	Meritoria, al permitir comparar con cierta confianza
Alta	Mayor de 0.80	Buena exactitud; permite comparaciones confiables

Fuente: Bourdon, R. (Universidad de Colorado State).

A medida que la exactitud aumenta, la magnitud posible de cambios en las DEPs al agregar información, es pequeña.

Hay que tener presente que la exactitud no es sinónimo del número de hijos, ya que depende de la distribución de los mismos entre las majadas. Un carnero que tenga sus hijos distribuidos en todos los grupos contemporáneos tendrá una mejor exactitud que otro carnero que tenga su progenie en solo un grupo.

Un indicador más específico del posible cambio esperado de las DEPs, es el error estándar de la predicción, o cambio probable. Esto se dará cuando la precisión es menor a uno. En el Cuadro 2, se muestra un ejemplo del cambio probable en las DEPs para peso al nacer en vacunos de carne.

Si se repitiese la evaluación un número grande de veces, en el 67% de ellas la DEP se modificará dentro del cambio posible. Por ejemplo un animal con una DEP de 3 kg y una exactitud de 0.4, el cambio posible es ± 1.62 . Esto esta indicando que el cambio potencial de la DEP se encuentra entre 1.38 y 4.62. En cambio, si la exactitud fuera 0.9 este rango posible estaría entre 2.88 y 3.12.

Cuadro 2. Cambio probable en las DEPs para peso al nacer en vacunos de carne.

Exactitud	Cambio probable
0.10	± 3.65
0.40	± 1.62
0.60	± 0.72
0.80	± 0.18
0.90	± 0.12

Si un animal tiene una DEP muy mala con una precisión muy alta, seguro que su mérito genético verdadero es malo y si lo usamos tendríamos un desmejoramiento genético en la población. A mayor exactitud menor riesgo pero no necesariamente mayor avance genético.

La exactitud esta asociada a la cantidad de información en la estimación de cada DEP. No tiene porque ser un buen indicador cuando comparamos DEPs de animales en diferentes majadas. Si no existió intercambio de material genético (uso de carneros en común), la comparación de los DEPs puede tener una precisión muy baja, aún si las precisiones individuales de los carneros son altas.

Es importante que las majadas y centrales de prueba usen carneros de conexión o de referencia, a los efectos de poder realizar comparaciones precisas, sobre todo en el comienzo de las evaluaciones genéticas.

Si usamos un modelo padre, las majadas estarán solamente conectadas por el uso de carneros de referencia. En cambio, con un modelo animal estas conexiones estarán dadas por el parentesco de los animales. Puede ser que dos carneros usados en diferentes majadas, sean medios hermanos, con lo cual, estas estarían ligadas genéticamente. El parentesco entre los animales nos ayudará a ligar las majadas.

XIV.6. BIBLIOGRAFÍA

CANTET, R. Y SANTOS CRISTAL, M. 2000. BLUP, Modelo Animal y difusión de las evaluaciones genéticas. Material del curso de Mejoramiento Animal. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Argentina.

KINGHORN, B; VAN DER WERF, J. Y RYAN, M. 2000. Animal Breeding. Use of New Technologies. The Post Graduate Foundation in Veterinarian Science of the University of Sydney. Australia. p. 291.