NOTA TÉCNICA

Las implicancias de las interacciones genotipo x ambiente en la mejora genética animal

Ana C. Espasandin*

La productividad de los animales es el resultado de efectos genéticos, del ambiente de producción que es ofrecido, así como de la interacción que ocurre entre estos componentes. La habilidad que los individuos o poblaciones tienen para alterar sus fenotipos en respuesta a cambios ambientales es llamada plasticidad fenotípica o sensibilidad ambiental (Bradshaw, 1965). Las diferencias entre individuos o poblaciones en la sensibilidad ambiental resultan en la interacción genotipo x ambiente (G x A).

Para observar la interacción genotipo x ambiente es necesario evaluar por lo menos dos genotipos en dos ambientes, entendiendo por genotipo a razas, líneas o cruzamientos de una especie, y por ambiente a las variaciones en cualquier nivel de los factores de origen no genético (clima, topografía, manejo, etc.). La interacción es observada cuando la diferencia entre dos o más genotipos en un ambiente dado no permanece constante en otro. Un ejemplo clásico utilizado para ilustrar este fenómeno es el de la Figura 1, en donde se presentan las respuestas en productividad de diferentes genotipos en climas templados y tropicales.

En el ejemplo de la Figura 1a los genotipos están representados por las razas Aberdeen Angus (Bos taurus) y Guzerá (Bos indicus). El desempeño de ambas razas cambia con el ambiente en sentidos opuestos, mientras Angus se comporta mejor en climas templados, Guzerá lo hace en climas tropicales y viceversa. En la Figura 1b se ejemplifica la ausencia de interacción; si bien los desempeños de las razas Limousin y Charolais (ambas continentales) varían con el ambiente, lo hacen en el mismo sentido, manteniéndose constante la diferencia entre ellas. Cabe aclarar que para que exista interacción no es necesario que las respuestas de los genotipos varíen en sentido contrario; basta apenas que las diferencias entre ellos no se mantengan constantes entre un ambiente y otro.

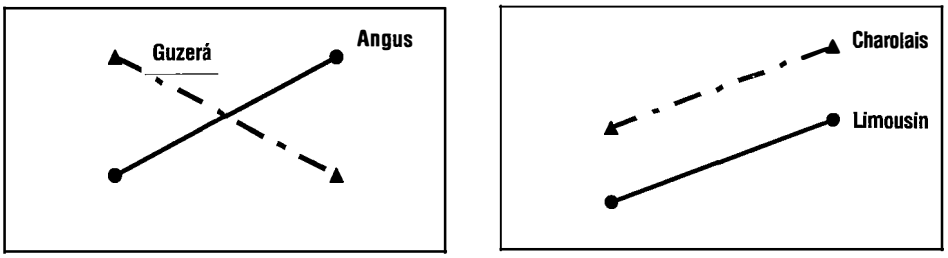


Figura 1. Productividad de diferentes genotipos en distintos ambientes en presencia (a) y ausencia (b) de interacción.

¿A qué se debe la interacción?

Varios son los factores que pueden causar interacción entre genotipos y ambientes. Desde el punto de vista ambiental, es relativamente fácil visualizar las fuentes de variación: mayor o menor temperatura, forrajes de mejor o peor calidad, etc., pero desde el punto de vista genético se torna difícil determinar los mecanismos responsables de estas respuestas diferentes.

En algunos caracteres, los genes que se encargan de codificarlos actúan según las condiciones de producción, mientras que en otras características lo que varía es apenas el grado de expresión que los genes manifiestan. Por ejemplo, si Aa-Bb-Cc-Dd-Ee son los genes responsables por el peso al destete de los terneros, puede suceder que en ambientes tropicales actúen apenas Aa y Cc y en ambientes templados Bb y Ee. No obstante, en ambos casos las respuestas fenotípicas observadas difieren en forma significativa con el ambiente en que son criados los animales. Un ejemplo práctico de esto sería el funcionamiento de algunas especies animales frente a niveles nutricionales extremos, en donde son activados genes que desencadenan diferentes funciones. En los casos en que no existen restricciones energéticas, los genes que se activan son aquellos que favorecen mayores consumos de alimento para favorecer mayores tasas de crecimiento. Frente a niveles restrictivos de alimentos el crecimiento se vuelve función de genes que promueven mayor eficiencia en el uso de los alimentos disponibles así como de los que disminuyen los requerimientos de mantenimiento.

Por otro lado, en la definición del carácter pueden intervenir los mismos genes para todas las condiciones ambientales, variando en este caso apenas el grado de expresión que presentan.

¿Cuáles son las consecuencias de la interacción?

Como ya fue explicado, la consecuencia directa de la interacción es la alteración en el desempeño de los animales de un ambiente a otro. No obstante, si es posible predecir la respuesta de los individuos para diferentes situaciones de producción, los efectos de la interacción son eliminados, sabiéndose en definitiva cuánto va a rendir en cada localidad cada uno de los genotipos que pretendemos producir. ¿Es posible esto? En las evaluaciones genéticas de los reproductores son obtenidas como resultado las DEP (Diferencias Esperadas en la Progenie), que nos predicen cuántos quilos, litros, etc. prometen los padres a su descendencia por encima

*Ing. Agr., Dpto. de Producción Animal y Pasturas, EEMAC.

o por debajo de la base de referencia usada en la estimación. El problema es que esa predicción tiene la fiabilidad (precisión) que se declara para los ambientes en que los reproductores fueron evaluados. Es decir, si esa evaluación genética es realizada en Uruguay, puede ser que los resultados sean extrapolables apenas para los sistemas de producción de nuestro país. Dicho en otras palabras, si un toro seleccionado en un establecimiento de Uruguay promete +10 kg al destete en su progenie en Uruguay, no necesariamente prometa lo mismo para Brasil o Paraguay ya que su "pool genético" (transmitido a su progenie) no tiene por qué reaccionar de forma similar en un ambiente tropical que en las condiciones templadas de nuestro país.

¿Ahora, de qué manera podemos saber si existe interacción genotipo x ambiente? Mediante el análisis multicarácter, en donde son estimados los valores genéticos de los animales simultáneamente en dos o más lugares, generando un valor para cada una de las localidades estudiadas. La interacción genotipo x ambiente es confirmada cuando el ranking de los reproductores cambia de un lugar a otro. Un trabajo reciente realizado para la raza Angus de Uruguay y Brasil por Espasandin (2005) muestra los resultados de las clasificaciones de un grupo de toros con descendencia en ambos países, para la característica peso al destete (Cuadro 1).

La posición que ocupa cada reproductor varió según la evaluación fuera realizada en Uruguay, en Brasil o en ambos países simultáneamente. En algunos casos (toros C, I y N, por ejemplo) las posiciones resultaron muy diferentes entre un país y otro. Si no existiera interacción, los toros hubieran ocupado las mismas posiciones en los diferentes países.

Estas clasificaciones diferenciales generan como consecuencia valores genéticos medios diferentes en la progenie, generada por estos toros en ambos países (Figura 2).

Mientras que en Uruguay observamos valores positivos para efectos directos y maternos, en Brasil, los directos son cercanos a 0, y los maternos son negativos. ¿Por qué sucede esto? Conforme explicamos anteriormente, porque probablemente la genética sobre la cual hayan sido seleccionados estos toros no sea "adaptable" a los sistemas de producción de Brasil.

En el trabajo realizado por Cardellino et al. (1997), para las razas Angus y Hereford, también fue constatada la interacción. En este caso estudiaron las DEP de toros importados en sus países de origen (Estados Unidos y Canadá) y en Brasil. Mientras que el total de los toros presentó DEP positivas para pesos al nacer y al destete en sus países de origen, 20% de los Hereford y 30% de los Angus resultaron con DEP negativas para las mismas características, en Brasil.

Sin embargo, hay que resaltar que no siempre es verificada esta interacción. De Mattos et al. (2000) observaron que no existe interacción para la raza Hereford en Uruguay, Argentina y Estados Unidos. Bajo estas condiciones, los resultados de una evaluación genética realizada en cualquiera de estos 3 países son válidos para los otros dos.

En resumen, observamos evidencias de interacción entre genotipos y ambientes para algunas razas productoras de carne. Debemos tener en cuenta que contando con estos resultados es fácil predecir las respuestas productivas que obtendremos en la progenie de los animales evaluados en los diferentes países. El problema surge cuando carecemos de información, lo que sucede a la hora de importar semen o reproductores desde otro país.

Cuadro 1. Clasificaciones logradas por toros Aberdeen Angus como resultado de evaluaciones genéticas realizadas en Brasil (Clasificación 1) y Uruguay (Clasificación 2) por separado, o conjuntamente en ambos paises (Clasificación 3).

Toro	Clasificación 1 Brasil	Clasificación 2 Uruguay	Clasificación 3 Evaluación Conjunta
A	1	5	1
B	2	4	2
C	3	11	4
D	4	3	3
E	5	1	5
I	9	2	9
J	10	8	13
M	13	14	6
N	14	6	14

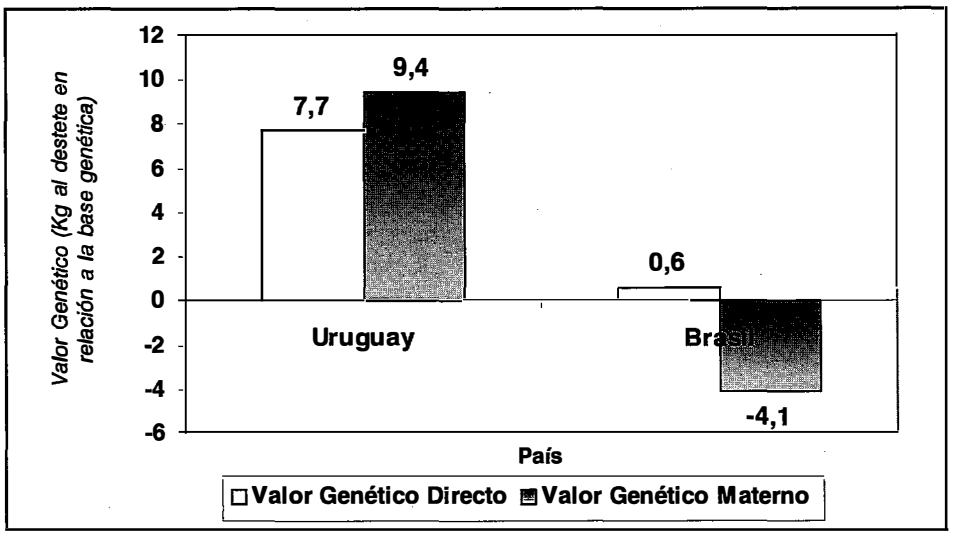


Figura 2. Media de los valores genéticos de los toros comunes a Uruguay y Brasil obtenidos en la evaluación genética conjunta.

CONSIDERACIONES FINALES

Debemos tener siempre presente que

cuando seleccionamos animales, lo hacemos en favor de aquellos genes más propicios para expresar las características que deseamos mejorar. No podemos olvidar que en forma paralela a nuestra selección existe la selección natural, que ha operado a favor de características adaptativas. De esta forma, dentro de un rodeo, región o país, los animales van adaptándose a determinadas situaciones de producción.

Es así que, en sistemas más intensivos en donde la alimentación no es limitante, probablemente los individuos adaptados cuenten con alta frecuencia de genes que promueven mayores consumos, y por tanto, logren altas ganancias de peso. En ambientes extensivos, en donde la oferta de forraje fluctúa con las variaciones climáticas, prevalecerán los genes que mejoran la eficiencia en el uso de los alimentos y disminuyen los requerimientos de mantenimiento. Tenemos, por tanto, que prestar especial atención a las condiciones ambientales sobre las cuales fueron seleccionados los reproductores que pretendemos comprar.

En muchos establecimientos, la mejora genética de los rodeos se ha orientado hacia la compra de semen o reproductores provenientes de otros países. La mayoría de las veces esta compra es decidida en función de las DEP y del precio de la dosis de semen o del toro. El problema surge cuando esos animales supuestamente "mejoradores genéticos" son evaluados en nuestros países y resultan en valores genéticos pobres o hasta negativos en algunos casos, consecuencia de la interacción genotipo x ambiente. Situaciones como ésta no resultan apenas en pobres avances en la mejora genética de nuestros rodeos, sino también en inversiones económicas sin éxito, considerando los precios de las dosis de semen importado.

No obstante, en muchos casos no contamos con información relativa a las condiciones en que los reproductores que pretendemos importar han sido seleccionados y en estos casos es necesario promover la realización de evaluaciones genéticas internacionales para las razas o genotipos en que la interacción ha sido comprobada.

En consecuencia, debemos estar alertas a la hora de importar material genético para nuestros sistemas de producción. Si bien en general no contamos con evaluaciones genéticas de los reproductores antes de que éstos produzcan descendencia en nuestro país, hay factores que podemos tener en cuenta; entre ellos, conocer el sistema de producción en que fueron seleccionados. Esto nos permitiría saber, en definitiva, a qué condiciones ese "pool genético" es adaptado. De esa forma, animales seleccionados en ambientes de producción semejantes a los nuestros tienen más chances de resultar en DEP positivas en nuestros campos.

En síntesis, el mensaje que debe prevalecer es que no nos debemos encandilar apenas con DEP altas, pues esos valores son relativos no sólo como unidades en relación a una base genética específica, sino también en función de condiciones ambientales determinadas.

BIBLIOGRAFÍA

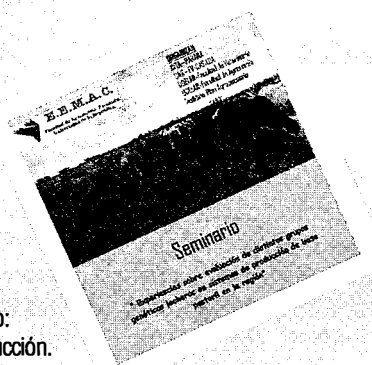
BRADSHAW A. D., 1965 Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. Advances in Genetics 13: 115-115.

CARDELLINO, R.A., CAMPOS, L.T., CARDOSO, F.F. 1997. Interação Genótipo Ambiente nas raças Hereford e Aberdeen Angus: DEPs nos EUA e no Brasil. *In*: Reuniao Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 34., 1997, Juiz de Fora, Anais. Juiz de Fora: SBZ, 1997. p.190-192.

De MATTOS, D., MISZTAL, I., BERTRAND, J.K. 2000. Variance and covariance components for weaning weight for Herefords in three countries. Journal of Animal Science 78:33-37.

ESPASANDIN, A.C. 2005. Estudo da Interação Genótipo x Ambiente para peso à desmama em populações da raça Angus do Sul do Brasil e do Uruguai e suas implicações na avaliação genética interanacional. Tesis Doctorado, UNESP/Jaboticabal, 74 p.

NOVEDADES DE LA UNIDAD DE DIFUSIÓN EEMAC



CD de Seminario de Grupos Genéticos Lecheros

a la venta en: UNIDAD DE DIFUSIÓN
eemac@fagro.edu.uy
Costo: $ 100.-

Contenido:
- ✔ Introducción.
- ✔ Algunos aspectos sobre las rengueras en sistemas pastoriles. Ramos, J.M.
- ✔ Ecología del pastoreo y grupos genéticos. Soca, P.
- ✔ Estrategias de mejoramiento genético en sistemas pastoriles. Laborde, D.
- ✔ Evaluación de dos grupos genéticos en un predio. Mancuso, W.; Krall, E.
- ✔ Evaluación efecto racial. Comerón, E.
- ✔ Producción de leche en sistemas de pastoreo. Marini, P.
- ✔ Razas Manual Calidad - 2004. Comerón, E.
- ✔ Registros prediales con distintos grupos genéticos. Arbeletche, P.; Bartaburu, D.

RECUERDA:
Suscripción a «Cangüé» 2005: $ 180.- (dos ejemplares)