

Interacción genotipo x ambiente para peso a 548 días en bovinos de carne

Omar Verde

Centro de Investigaciones del Estado para la Producción Experimental Agroindustrial (CIEPE) San Felipe, Zona Industrial "Agustín Rivero". Estado Yaracuy. Correo electrónico:omarverde@cantv.net.

RESUMEN

Con la finalidad de determinar la magnitud de la interacción genotipo x ambiente se dispuso de 440 pesos corregidos a 548 días de becerros procedentes de la base de datos del Programa Cooperativo de la Raza Romosinuano de Venezuela. El análisis por Cuadrados Mínimos incluyó efectos fijos de finca (F), sexo (S), año (AN), mes (MN) de nacimiento, edad de la vaca al parto (EV), toro padre (P) e interacción toro por F (P x F). El análisis bajo modelo animal arrojó resultados sobre los efectos fijos de F, S, AN, MN, EV y el efecto genético aleatorio del animal, mientras que un segundo modelo animal consideró cada padre presente en diferentes F como animales diferentes para, así, obtener estimados de valor genético dentro de finca. Los resultados señalan que la magnitud de la interacción es de alta significación ($P < 0,01$) y que los ordenamientos de los méritos genéticos de los toros varían en las diferentes F, por tal razón, conviene ser cuidadoso en la selección de reproductores a utilizarse en ambientes diferentes a aquellos donde se colectaron los datos que permitieron su evaluación.

Palabras Clave: ganado de carne, peso 548 días, interacción genotipo x ambiente.

Genotype x environment interaction on 548 days weight in beef cattle

ABSTRACT

The importance of genetic x environment interaction in 548-days weight in beef cattle was evaluated by means of some 440 records obtained from the database of the Romosinuano Program in Venezuela. Least squares analysis included fixed effects of herd (H), sex (S), year (Y) and month (M) of calving, age of cow (A), sire (S) and interaction S x H. An Animal Model analysis included fixed effects of H, S, Y, M, A and animal random genetic effect, while another Animal Model identified and included sire present in different herds as different ones, in order to obtain their estimates of genetic within each herd. Results indicate that genetic by environment interaction was highly significant ($P < 0,01$) and that genetic merit of sires ranks different within herds which imply the necessity to be careful with the selection of sires to be used in different environments from the ones that were used to produce records for their evaluations.

Keywords: beef cattle, 548 days weight, genotype x environment interaction.

INTRODUCCIÓN

Una definición práctica de interacción genotipo por ambiente viene dada por el comportamiento diferencial de los niveles de una variable (por ejemplo, los genotipos) a través de los niveles de una segunda variable (por ejemplo, los ambientes donde se expresan los genotipos).

Acá pueden surgir algunas preguntas de interés práctico. Por ejemplo: los toros reproductores que producen hijos en diferentes rebaños (ambientes), se comportan de igual forma o no para las características de importancia económica, entre las que se puede considerar de importancia el peso a 548 días de sus hijos.

No se pretende que los promedios de los hijos de un toro sean iguales en cada rebaño. Lo que se plantea es averiguar si las diferencias entre dos toros padres son iguales o muy parecidas en los diversos ambientes donde producen hijos. Puede ser que no sean iguales, pero, sus diferencias son mínimas lográndose clasificar los méritos genéticos de los toros padres de forma tal que se mantiene el mismo ordenamiento en cada ambiente donde produjeron hijos. En este caso, el mejor toro de una F es el mejor toro en cualquier otra F.

El problema surge si se presentan diferencias de importancia entre toros en los distintos ambientes, estos pueden conducir a ordenamientos diferentes de los mismos, que se traduciría en que el mejor toro para el carácter en evaluación en una finca no necesariamente es el mejor en otra, con la asociada pérdida de seguridad en la utilización de los mejores genotipos para producir las próximas generaciones y así maximizar el progreso genético.

En sus trabajos Falconer (1952), Pani *et al.* (1971), Silva (1990), Souza (1997), Souza *et al.* (1998), Mattos *et al.* (2000), Souza *et al.* (2003), Mederos (2005), Souza *et al.* (2008), son algunos de los investigadores que han evaluado las diferentes respuestas de los animales domésticos cuando son expuestos en variados ambientes en cuanto a manejo, alimentación, sanidad, reproducción, entre otros aspectos, con evidencias importantes para los estimados de la interacción.

Concretamente, en el presente trabajo se plantea determinar la magnitud de la interacción genotipo x ambiente para el peso corregido a 548 días de edad, a través del comportamiento de los toros utilizados como reproductores en varias fincas productoras de ganado bovino de carne en Venezuela

MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar el presente trabajo, se utilizó información parcial de la base de datos del Programa

Genético Cooperativo de la Raza Romosinuano de Venezuela (PGCR), correspondiente a 440 pesos corregidos a 548 días, procedentes de 6 toros (padres) que se emplearon en 5 F, con nacimientos en 5 años cronológicos, en 4 meses del año y con 5 edades al parto de las madres.

En primera instancia, se recurrió a una metodología que se aplicó durante mucho tiempo para el análisis de datos con número desigual de observaciones por celda, la metodología de los Cuadrados Mínimos. Se dispuso del programa desarrollado por W. Harvey en la década de los años sesenta y posteriormente actualizado (Harvey, 1987), que permite obtener constantes asociadas con los efectos incluidos en el modelo estadístico. En el presente caso, en el modelo estadístico se incluyeron los efectos fijos de padre, F, año de nacimiento (AN), mes de nacimiento (MN), sexo del becerro (S), edad de la madre al parto (EMP) y la interacción padre por F. Las constantes obtenidas para el efecto principal padre producen estimados de valores genéticos para cada toro, mientras que las constantes de padre x F proporcionan los efectos particulares de cada toro dentro de cada F. Por otro lado, el análisis de varianza permite determinar la magnitud y significación de la influencia de cada efecto incluido en el modelo, incluyendo la interacción genotipo x ambiente.

Posteriormente, se procedió a la realización de dos análisis de este mismo conjunto de datos por medio de la metodología de los Modelos Mixtos bajo el denominado modelo animal, siguiendo los procedimientos descritos por Boldman *et al.* (1995). El primero, identificado como Modelo A, incluyó los efectos fijos de S del becerro, AN, MN, EMP y F, además del efecto genético aleatorio del animal sobre el peso a 548 días de los becerros. Este análisis permite obtener los valores genéticos globales de los toros padres presentes en el rebaño.

El segundo análisis por modelo animal (Modelo B) consideró el efecto padre dentro de F como un efecto aleatorio, con la finalidad de generar estimados de mérito genético para cada padre dentro de cada F y poder confirmar la posible presencia de la interacción padre por F. Se incluyeron los efectos fijos de S del becerro, AN, MN, EMP y F, además del efecto genético del animal sobre el peso a 548 días de los becerros, pero considerando a los padres como diferentes individuos cuando están presentes en varias

F. Este análisis permite obtener valores genéticos de los toros padres en cada finca donde esté presente. Conviene recordar que la evaluación de los datos con el Modelo B incluye efectos diferentes al Modelo A y, en comparación con los Cuadrados Mínimos, ambos incluyen las relaciones de parentesco entre individuos, que constituyen una herramienta poderosa para mejorar la estimación de valores genéticos.

Los resultados obtenidos en los tres análisis estadísticos permitirán entonces, señalar si existe o no una importante interacción toro por F. De estar presente esta interacción, la evaluación del comportamiento de los toros en las diferentes F (medido por los estimados de sus valores genéticos) permitirá concluir sobre la relevancia o no de la obtención de estimados de valores genéticos de toros para cada ambiente donde producen descendencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La caracterización general de los 440 pesos corregidos a 548 días proveniente de los datos del Programa Genético Cooperativo de la Raza

Romosinuano de Venezuela (PGCR), indicó que el promedio no ajustado fue de 264,8 kg, la desviación estándar 44,7 kg, el error estándar 2,1 y un coeficiente de variación de 16,9 %. La distribución de los datos por padre y finca se presenta en el Cuadro 1.

El análisis de la varianza permitió obtener el promedio ajustado para los efectos incluidos en el modelo estadístico. El valor obtenido fue de 260,6 kg con un error estándar de 3,3 kg. Adicionalmente, los efectos principales de padre del becerro, F, S y AN, así como la interacción padre x F fueron significativos ($P < 0,01$), mientras que MN y EMP no lo fueron (Cuadro 2).

El análisis estadístico permitió concluir que la interacción era significativa ($P < 0,01$), por lo que se infiere que existe un comportamiento diferente de los toros a través de las F. En el Cuadro 3 se presentan las constantes de toro dentro de finca y global. Se observa que las constantes globales de toro indican que los animales 7 y 29 son los superiores y que el toro 93 es el de menor mérito genético.

Cuadro 1. Distribución de datos por toro (padre) y finca.

Toro	Finca				
	1	2	3	4	5
7	0	5	12	10	50
29	5	0	2	3	67
93	9	10	0	8	24
106	7	0	5	34	20
108	4	4	7	8	91
114	39	2	1	4	9

Cuadro 2. Análisis de varianza por Cuadrados mínimos.

Fuentes	gl	Cuadrados Medios	F
Padre	5	3390,0	3,5
Finca	4	39137,3	40,8
Sexo (S)	1	83438,3	86,9
Año nacimiento (AN)	4	9855,3	10,3
Mes nacimiento (MN)	3	129,7	0,1
Edad al parto	4	1761,5	1,8
Padre x finca	16	3819,9	4,0
Residual	402	960,1	

gl = grados de libertad.

Sin embargo, al detallar las constantes dentro de F se detecta que el toro 7, considerado como superior en forma global, es el de menor valor genético en la F 3. Así mismo, el toro 29, también considerado como superior, es el peor en la F 4, mientras que el 93, calificado como el de menor mérito en forma global, es el superior en las F 2 y 5. Lo antes señalado permite poner un alerta importante en las recomendaciones que se hacen luego del análisis de los datos de una población para la escogencia de reproductores.

Los resultados obtenidos en el análisis por modelo animal identificado como Modelo A, que incluyó efectos F, Sexo, AN, MN y EMP, así como el efecto genético del animal, permitió observar que los valores obtenidos son diferentes a los obtenidos en el análisis por Cuadrados Mínimos, pero se observa que los padres de mayor mérito global son los mismos que se obtuvieron en el primer análisis y que el de peor estimado de valor genético también coincide (Cuadro 4).

Con el segundo modelo animal (Modelo B), que incluyó los efectos de F, S, AN y EMP, además del

efecto genético del animal sobre el peso a 548 días de los becerros, pero considerando a los padres como diferentes individuos cuando están presentes en diferentes F, se obtuvieron resultados que difieren tanto del modelo animal A como del análisis por Cuadrados Mínimos (Cuadro 5).

Se observan discrepancias fuertes entre ambos modelos animales evaluados. Los toros 7 y 29 son los mejores en la F 5, pero no lo son en la F 3. Es más, en la F 3, ambos toros presentan valores negativos. Por otro lado, el toro 108, con un valor global negativo bajo en el Modelo A, es el de más alto mérito en las F 3 y 4 en el Modelo B.

Lo anteriormente descrito, no es un conocimiento nuevo. Es la confirmación de un hecho (la interacción genotipo x ambiente) que ocurre en todas las poblaciones de animales, de las cuales no se escapan los bovinos, independientemente de la raza. Resultados similares en cuanto a la importancia de esta interacción han sido presentados, entre otros, por Silva (1990), Mattos *et al.* (2000), Souza *et al.* (2003; 2008),

Cuadro 3. Constantes de toro dentro de finca y global (metodología de los Cuadrados Mínimos).

Toro	Finca					Global
	1	2	3	4	5	
7	---a	3,13	-19,00	12,63	3,24	12,06
29	37,54	---a	-9,05	-27,99	-0,49	13,74
93	-10,63	22,08	---a	-24,72	13,27	-26,88
106	-2,49	---a	9,24	-1,33	-5,41	3,67
108	-38,80	-4,36	37,28	23,90	-18,01	8,65
114	14,39	-20,84	-18,46	17,52	7,40	-11,23

a No se dispone de valores debido a que el toro respectivo no tiene hijos a 18 meses en esa finca.

Cuadro 4. Estimados de valor genético de toros por modelo animal A.

Toro	Valor genético
7	19,71
29	21,63
93	-26,33
106	-0,26
108	-0,08
114	4,46

Cuadro 5. Estimados de valor genético de toros dentro de finca por modelo animal B.

Toro	Finca				
	1	2	3	4	5
7	---a	11,77	-26,68	30,16	25,59
29	38,96	---a	-5,61	-15,26	20,67
93	-34,66	3,03	---a	-51,73	-4,52
106	-2,91	---a	3,11	2,63	1,63
108	-25,88	1,77	40,67	34,23	-7,55
114	9,74	-16,67	-11,49	5,73	-0,36

a No se dispone de valores debido a que el toro respectivo no tiene hijos a 18 meses en esa finca.

Lo señalado, implica que se debe ser cuidadoso en las recomendaciones generales que se pueden suministrar a los productores y demandantes de toros, para su utilización en ambientes diferentes a donde se produjo la recolección de datos, ya que para realizar la recomendación o escogencia de un toro, con la asesoría de un profesional en el área, debería tomarse en consideración el mérito genético estimado para condiciones similares o parecidas a donde se utilizará. También implica que los genetistas deberán agregar otro aspecto a considerar en los modelos estadísticos a utilizar en sus programas de evaluación para una determinada población.

Finalmente, es necesario agregar que para reducir en la práctica el efecto perturbador de la interacción genotipo por ambiente sobre la escogencia de los genotipos más adecuados, es recomendable evaluar los animales en diversos ambientes (zonas y años diferentes). En este sentido, los centros genéticos agrupados en cooperativas genéticas, como es el caso del Programa Genético Cooperativo de la Raza Romosinuano de Venezuela (PGCR), que evalúan a los animales en diversos ambientes nacionales, tienen una fortaleza con relación a los que efectúan la evaluación en una sola finca.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Incrementar la producción y productividad en un rebaño bovino involucra un programa sostenido de mejoramiento ambiental y genético. Para hacer eficiente el programa de mejoramiento genético, debe llevarse registro de las operaciones que se realizan en la finca. En la actualidad, el computador constituye

una herramienta valiosa para llevar los controles productivos, pero se hace necesario realizar una evaluación exhaustiva de los datos para poder tomar decisiones sobre bases firmes.

Las metodologías para realizar la evaluación genética de los reproductores han mejorado con el tiempo, introduciéndose refinamientos que permiten realizar estimaciones cada vez más precisas. Estas metodologías genético-estadísticas están a disposición de los técnicos y productores de nuestro país. Su utilización en forma rutinaria permitirá realizar los progresos que facilitarán hacer más eficiente el negocio ganadero.

En esta oportunidad se presentó un aspecto considerado de interés: la posible existencia de interacción genotipo por ambiente para caracteres de importancia económica, que induciría a generar métodos de estimación o modelos de evaluación diferentes a los que tradicionalmente se han estado utilizando. Ésto que se está planteando no implica que los trabajos realizados hasta el presente sean incorrectos. Significa que se podrán realizar mejores y más eficientes estimaciones de mérito genético con los refinamientos propuestos en el establecimiento de los modelos estadísticos, lo que contribuiría a la obtención de una mayor velocidad en el progreso a ser alcanzado con el tiempo.

También conviene puntualizar que los ejemplos utilizados contienen un reducido número de observaciones y que pudiese ser que con grandes volúmenes de datos no se presentarían las dificultades señaladas. En este sentido, es pesimista y se considera que las conclusiones relacionadas con el

comportamiento diferencial de toros padres en ambientes diferentes (fincas) continuará mostrando esta tendencia.

Finalmente, debe señalarse que un plan de mejoramiento genético no constituye un paso aislado dentro de una explotación. Se hace necesario desarrollar programas integrales de mejoramiento, que se inicien con una precisa identificación de los animales, anotación de los eventos productivos que suceden, evaluación sanitaria del rebaño, examen ginecológico y andrológico, eliminación de animales improductivos, creación y división de potreros, introducción de pastos, desarrollo de planes reproductivos y sanitarios permanentes, programa de conservación de pastos, entre otros. Sin estos subprogramas funcionando, el subprograma genético que se ponga en marcha tendrá reducidas o nulas posibilidades de éxito.

Adicional a ello, se requiere atacar los problemas de educación, salud, transporte, vías de comunicación, vivienda, financiamiento, seguridad, organización de los productores, entre otros, para hacer posible que la gente del campo considere como una alternativa apropiada permanecer en él y no recurrir a los traslados a las ciudades para tratar de mejorar su calidad de vida.

LITERATURA CITADA

- Boldman, K. G., L. A. Kriese, L. D. Van Vleck, C. P. Van Tassell and S. D. Kachman. 1995. A manual for use of MTDFREML. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances (Draft). United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service. Clay Center. NE. p 114.
- Falconer, D. S. 1952. The problem of environment and selection. *Am. Nat.*, 86: 293–298.
- Harvey, W. 1987. User's guide for LSMLMW PC-1 version. Mixed model least-squares and maximum likelihood computer program. p 59.
- Mattos, D., J. K. Bertran and I. Misztal. 2000. Investigation of genotype x environment interactios for weaning weighr for Herfords in three countries. *J. Anim. Sci.*, 78: 2121-2126.
- Mederos, A. C. E. 2005. Estudo de 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. Internacional Tese (Doutorado em Zootecnia). UNESP. Júlio de Mesquita Filho. Jaboticabal. Brasil.
- Pani, S. N., G. F. Krause and J. F. Lasley. 1971. Genotype x environment interactions in sire evaluation. *Research Bulletin*, nº 983, p 24.
- Silva, L. O. C. 1990. Tendência genética e interação genótipo x ambiente em rebanhos Nelore, criados a pasto no Brasil Central. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. p 113.
- Souza, J. C. 1997. Interação genótipo x ambiente sobre o peso ao desmame de zebuinos da raça Nelore no Brasil. Tese (Doutorado em Genética). UNESP. Campus Botucatu. Faculdade de Ciências Agrárias de Botucatu. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Botucatu. p 121.
- Souza, J. C., A. A. Ramos, L. O. C. Silva, K. E. Filho, M. M. Alencar, F. S. Wechsler, C. H. Gadini and L. D. Van Vleck. 1998. Effect of genotype x environment interaction on weaning weight of Nellore calves raised in four different regions of Brazil. L. Piper (ed.). *Proceedings of the 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. University of New England. Armidale. NSW. Australia. p. 193-196.
- Souza, J. C., C. H. Gadini, L. O. C. Silva, A. A. Ramos, M. M. Alencar, P. B. Ferraz Filho and L.D. Van Vleck. 2003. Estimation of genetic parameters and evaluation of genotype x environment interaction for weaning weight in Nellore cattle. *Arch. Lat. Prod. Anim.*, 11: 94-100.
- Souza, J. C., M. C. Doska, L. O. C. Silva, A. Gondo, A. A. Ramos, C. H. M. Malhado, I. W. Santos, J. A. Freitas, P. B. Ferraz Filho y J. R. B. Sereno. 2008. Interacción genotipo x ambiente sobre el peso al destete de bovinos Nelore en Brasil. *Arch. Zootec.* 57 (218) 171-177.