

**XXIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal
IV Congreso de Producción Animal Tropical
La Habana (Cuba) 18 – 22 noviembre, 2013**

**Interacción genotipo por nivel de producción en la evaluación
genética de bovinos Suizo europeo en México**

Luis Antonio Saavedra-Jiménez, Rodolfo Ramírez-Valverde¹
y Rafael Núñez-Domínguez

Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, México.

**Genotype interaction by production level in the genetic evaluation
of European Swiss cattle in Mexico**

Abstract. Genetic improvement programs include herds that differ in factors such as climate, nutrition, management conditions, among others, which is reflected in the productive level of the animals. The objective of this study was to determine the magnitude of the genotype interaction by production level (PGI) for weight at 365 days of age (BP) in European Swiss bovine recorded in Mexico. In total, 12,928 PA records of animals born in the period 1988 to 2011 were used, with a pedigree of 27,844 animals. The information was provided by the Mexican Association of Swiss Cattle Breeders Registry. Three environments were defined according to the phenotypic average of PA of the contemporary group: low (n = 3,993), medium (n = 5,164) and high (n = 3,771). The components of variance were obtained using an animal model and with the ASReml software, in which each environment was defined as a different characteristic (bivariate analyzes). The model included the fixed effect of the contemporary group and the direct additive genetic effect as random. The estimated heritability varied between 0.09 and 0.23 across the different pairs of environments. The estimated genetic correlations were 0.45, 0.14, and 0.68 for low vs. medium, low vs. high, and medium vs. high, respectively. The presence of PGI in this study suggests heterogeneity of variances between defined environments. The genetic correlation values obtained indicate the presence of the genotype interaction by level of production for the weight per year of the population of Swiss European cattle, so this effect should be considered in future genetic evaluations.

Key words: genotype interaction; environment; weight gain, Brown Swiss;

Resumen. Los programas de mejoramiento genético incluyen hatos que difieren en factores como el clima, nutrición, condiciones de manejo, entre otros, lo que se refleja en el nivel productivo de los animales. El objetivo de este estudio fue determinar la magnitud de la interacción genotipo por nivel de producción (IGP) para peso a los 365 días de edad (PA) en bovinos Suizo Europeo de registro en México. En total, se utilizaron 12,928 registros de PA de animales nacidos en el periodo 1988 a 2011, con un pedigrí de 27,844 animales. La información fue proporcionada por la Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Suizo de Registro. Tres ambientes fueron definidos de acuerdo con el promedio fenotípico de PA del grupo contemporáneo: bajo (n = 3,993), medio (n = 5,164) y alto (n = 3,771). Los componentes de varianza fueron obtenidos utilizando un modelo animal y con el software ASReml, en que cada ambiente fue definido como una característica diferente (análisis bivariados). El modelo incluyó el efecto fijo de grupo contemporáneo y el efecto genético aditivo directo como aleatorio. La heredabilidad estimada varió entre 0.09 y 0.23 a través de los diferentes pares de ambientes. Las correlaciones genéticas estimadas fueron 0.45, 0.14 y 0.68 para bajo vs medio, bajo vs alto, y medio vs alto, respectivamente. La presencia de la IGP en este estudio sugiere heterogeneidad de varianzas entre los ambientes definidos. Los valores de correlación genética obtenidos indican la presencia de la

¹ Autor para la Correspondencia: rodolfov@correo.chapingo.mx

XXIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal
IV Congreso de Producción Animal Tropical
La Habana (Cuba) 18 – 22 noviembre, 2013

interacción genotipo por nivel de producción para el peso al año de la población de bovinos Suizo Europeo, por lo que debe considerarse este efecto en evaluaciones genéticas futuras.

Palabras clave: interacción genotipo por ambiente, peso al año, bovinos para carne.

Introducción

En los programas de mejoramiento genético es común incluir hatos que difieren en factores como el clima, nutrición y condiciones de manejo, entre otros; esta situación puede resultar en cambios en la jerarquización de animales a través de los diferentes ambientes o en diferencias en el comportamiento productivo, siendo efectos de la presencia de la interacción genotipo por ambiente.

En México se han realizado diversos estudios para determinar interacción genotipo por ambiente entre valores genéticos predichos de bovinos lecheros y diferentes ambientes (regiones, sistemas de alimentación y niveles de producción); la mayoría de ellos sugieren la presencia de interacciones, especialmente cuando se consideran definiciones de ambientes más contrastantes.

El peso al año (PA) es particularmente importante porque es la última medición hecha por los criadores antes de vender animales, y también porque es cercano al peso al sacrificio. En diferentes investigaciones se han determinado efectos importantes de la interacción genotipo por ambiente en el PA

del ganado productor de carne. En Brasil, Diaz *et al.* (2011) y Guidolin *et al.* (2012) identificaron la presencia de la interacción genotipo por estado de origen para PA de ganado Nelore; mientras que en un estudio con ganado Tabapua, Sousa *et al.* (2012) encontraron evidencia de la interacción genotipo por estación de nacimiento.

La evaluación genética de ganado Suizo Europeo de registro en México, incluye el PA medido en diferentes regiones climatológicas, principalmente en áreas templadas, y tropical secas y húmedas. En un estudio previo usando la misma población del presente estudio, Saavedra *et al.* (2013) detectaron la presencia de la interacción genotipo por clima, atribuyendo dicha interacción a las diferencias en manejo y condiciones ambientales, consecuentemente a los niveles de producción en los hatos. Por tanto, el objetivo de esta investigación fue determinar la magnitud de la interacción genotipo por nivel de producción

(IGP) para el peso al año en bovinos Suizo Europeo de registro en México.

Materiales y Métodos

Los registros genealógicos y productivos fueron proporcionados por la Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Suizo de Registro. Los ambientes fueron definidos de acuerdo al nivel productivo como: bajo, medio y alto. Para ubicar las observaciones en los ambientes productivos, se utilizó el promedio de peso al año del grupo contemporáneo.

Análisis estadísticos

Los registros de PA se ajustaron a 365 días de edad, según la metodología propuesta por la BIF (BIF, 2010). Los grupos contemporáneos fueron formados considerando los efectos de

año y época de nacimiento, condición de crianza, rancho de origen y sexo de la cría. Las épocas de nacimiento se definieron considerando la distribución de precipitación y temperatura mensual a través de los años y registrada en la estación meteorológica más cercana a cada rancho, disponibles en el Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2011). La conectividad genética a través de grupos contemporáneos fue determinada utilizando el programa AMC (Roso y Schenkel, 2006). Información general de los estadísticos descriptivos para los diferentes ambientes se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Estadísticos descriptivos de peso al año ajustado a 365 días de edad (PA) en los ambientes productivos.

Concepto	Nivel de Producción		
	Bajo	Medio	Alto
Número de observaciones	3,993	5,164	3,771
Media de PA (kg)	256.9	324.3	387.4
Valor mínimo de PA (kg)	129.4	171.4	194.1
Valor máximo de PA (kg)	522.7	524.0	527.8
Número de grupos contemporáneos	340	456	352
Número de sementales comunes	202*	128§	245¥
Número de animales en el pedigrí	27,844		

* Entre los ambientes bajo y medio; § entre los ambientes bajo y alto; ¥ entre los ambientes medio y alto.

Los análisis estadísticos para estimar los parámetros genéticos se realizaron utilizando un modelo animal, mediante el

programa ASReml (Gilmour *et al.*, 2009). En forma preliminar se estudiaron modelos univariados considerando los

XXIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal

IV Congreso de Producción Animal Tropical

La Habana (Cuba) 18 – 22 noviembre, 2013

tres ambientes definidos. El modelo final se basó en la selección de los efectos fijos y aleatorios con mejor ajuste para

cada variable, de acuerdo a la metodología propuesta por Meyer (1992). El modelo final fue:

$$y = Xb + Zu + e.$$

Donde, y es el vector de observaciones, b es el vector de efectos fijos (grupo contemporáneo), u es el vector de efectos genéticos aditivos, e es el vector de efectos residuales, X y Z

son las matrices de incidencia que relacionan los registros de producción con los vectores correspondientes. Se asumió que: $E[y] = Xb$, $E[u] = E[e] = 0$, y

$$\text{var} \begin{bmatrix} u \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_u^2 & 0 \\ 0 & I_n\sigma_e^2 \end{bmatrix}$$

donde: N es el número de registros de producción, A es la matriz de relaciones genéticas aditivas, y I_N es una matriz de identidad de orden N .

Con base en los modelos univariados seleccionados, se estudiaron modelos bivariados, considerando el comportamiento de la misma característica en cada ambiente

(bajo, medio y alto) como una característica diferente. En este caso, las “características” se refieren a medidas del mismo parámetro biológico en diferentes pares de ambientes. En cada modelo bivariado, los animales tuvieron información reportada para un ambiente pero perdida en el otro. La representación matricial del modelo bivariado fue:

$$\begin{bmatrix} y1 \\ y2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x1 & 0 \\ 0 & x2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b1 \\ b2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} z1 & 0 \\ 0 & z2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u1 \\ u2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e1 \\ e2 \end{bmatrix}$$

donde los términos en el modelo son los previamente descritos, pero con los subíndices 1 y 2 representando las diferentes combinaciones entre ambientes.

Criterio para evaluar la IGP

Los estimadores de la correlación genética (rg) obtenidos en los análisis bivariados fueron los indicadores de la existencia de IGP, donde $rg < 0.8$ indicó importancia biológica de la interacción (Robertson, 1959). La prueba de máxima

verosimilitud fue utilizada para probar si la rg entre dos ambientes fue menor que la unidad ($p < 0.05$, Robert *et al.*, 1995). Los valores de logaritmo de máxima verosimilitud (L) fueron obtenidos para los pares de modelos a comparar: primero, todas las varianzas fueron estimadas (modelo convencional); segundo, L fue obtenida restringiendo la rg igual a 1 (modelo restringido).

Resultados y Discusión

En el Cuadro 2 se muestran las (co)varianzas, heredabilidades, y rg estimadas para PA. Las rg obtenidas para todas las combinaciones fueron significativamente diferentes de la unidad ($p < 0.05$), confirmando la importancia de la interacción estudiada para las diferentes combinaciones de ambientes. Los ambientes más contrastantes (bajo vs alto) presentaron la menor correlación genética (< 0.15), en tanto que ambientes más similares (bajo vs medio y medio vs alto) presentaron correlaciones genéticas intermedias (≈ 0.5). Estos resultados sugieren que la mayoría de los genes responsables para la expresión de PA actúan de diferente manera según el nivel de producción donde los animales se estén desarrollando, y que en caso de no considerar la interacción, la respuesta a la selección podría ser diferente a través de los ambientes.

Las estimaciones de rg obtenidas en esta investigación están dentro del rango reportado para la misma característica en otras razas y diferentes definiciones de ambientes. Así, Diaz *et al.* (2011) y Guidolin *et al.* (2012) reportaron valores de rg entre 0.67 y 0.97, y y entre -0.11 y 1.00, respectivamente, en ganado Nelore, definiendo el ambiente de acuerdo con el estado brasileño de origen, concluyendo que la interacción estudiada sólo se presenta para algunas combinaciones de

estados. En trabajos con bovinos Tabuapa, Sousa *et al.* (2012) estimaron una rg (0.66) por debajo del umbral para considerar importante la interacción genotipo por ambiente cuando compararon registros agrupados según la época de nacimiento.

Después de analizar información de PA en bovinos Suizo Europeo agrupados según las condiciones climáticas, Saavedra *et al.* (2013) estimaron rg entre 0.23 y 0.99, determinando la presencia de la interacción estudiada cuando el clima trópico húmedo se consideró en los análisis. Estos autores reportaron mayores valores fenotípicos en regiones tropicales secas (335 kg) y templadas (380 kg) que en tropicales húmedas (315 kg), sugiriendo que dichas diferencias podrían deberse al nivel de producción en los hatos de las diferentes regiones, lo que pudiera causar heterogeneidad de varianzas y diferencias en parámetros genéticos. Los resultados del presente estudio confirman la hipótesis de que el nivel de producción es la causa directa más probable para explicar la presencia de la interacción genotipo por ambiente.

Por lo anterior, la interacción genotipo por ambiente debe tomarse en cuenta en las evaluaciones genéticas de esta población al momento de diseñar programas de mejoramiento

XXIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal
IV Congreso de Producción Animal Tropical
La Habana (Cuba) 18 – 22 noviembre, 2013

genético del PA, y al jerarquizar animales basados en el posible comportamiento de su progenie en un ambiente

específico.

Cuadro 2. Estimadores de varianzas para los efectos genéticos directos ($\sigma^2 u$) y residuales ($e^2 u$); covarianza entre efectos genéticos directos ($\sigma_{u1,u2}$); heredabilidades (h^2) y correlaciones genéticas (r_g); y valores de logaritmo de L de los modelos convencionales y restringidos.

Concepto	Bajo vs medio	Bajo vs alto	Medio vs alto
$\sigma^2 u_1$	89.829	92.116	152.181
$\sigma^2 u_2$	137.414	176.038	184.142
$\sigma_{u1,u2}$	50.100	18.865	113.296
e_1	830.871	829.335	915.281
e_2	926.621	649.215	642.644
h^2_1 (EE)	0.10 (0.03)	0.10 (0.03)	0.14 (0.03)
h^2_2 (EE)	0.13 (0.03)	0.21 (0.05)	0.22 (0.05)
r_g (EE)	0.45 (0.24)	0.14 (0.29)	0.68 (0.17)
Log L M. C.*	-3853.64	-3853.64	-3853.64
Log L M. R.§	-3857.70	-3857.70	-3857.70

* Logaritmo de L obtenido con el modelo convencional; § Logaritmo de L obtenido con el modelo restringido.

La heredabilidad estimada en este estudio varió entre 0.09 y 0.23 a través de los ambientes comparados (Cuadro 2), y fueron menores a lo reportado por Cucco *et al.* (2010) para la misma raza (0.29); asimismo, menores que el promedio general de la revisión hecha por Koots *et al.* (1994, $h^2 = 0.35$) para la característica. Las heredabilidades estimadas en los diferentes ambientes fueron bajas, indicando que una sustancial parte de la variación en esta característica es

atribuible a diferencias en el ambiente donde se desarrollan los animales.

En general, para maximizar el progreso genético de la población de bovinos Suizo Europeo en México, se recomienda analizar la posibilidad de implementación de evaluaciones genéticas separadas de acuerdo con los niveles de producción de los hatos o usar metodologías para minimizar el efecto de varianzas heterogéneas por nivel de producción.

Conclusiones

Los resultados sugieren la presencia de interacción genotipo por nivel de producción en las combinaciones de los ambientes estudiados (niveles de producción). Para maximizar

el progreso genético, la interacción genotipo por ambiente debe considerarse en las evaluaciones genéticas futuras del peso al año de los bovinos Suizo Europeo en México.

Literatura Citada

- BIF (Beef Improvement Federation). 2010. Guidelines for Uniform Beef Improvement Programs. 9th ed. North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, USA. 182 p.
- Cucco, D. C., J. B. S. Ferraz, J. P. Eler, J. C. C. Balieriro, E. C. Mattos, and L. Varona. 2010. Genetic parameters for postweaning traits in Braunvieh cattle. *Genetics and Molecular Research* 9: 545-553.
- Diaz, I. D. P. S., H. N. Oliveira, L. A. F. Bezerra, and R. B. Lôbo. 2011. Genotype by environment interaction in Nelore cattle from five Brazilian states. *Genetics and Molecular Biology* 34: 435-442.
- Guidolin, D. G. F., M. E. Buzanskas, S. B. Ramos, G. C. Venturini, R. B. Lôbo, C. C. P. Paz, D. P. Munari, and J. A. Oliveira. 2012. Genotype-environment interaction for postweaning traits in Nellore beef cattle. *Animal Production Science* 52: 975-980.
- Gilmour, A. R., B. J. Gogel, B. R. Cullis, and R. Thompson. 2009. ASReml user guide release 3.0 VSN international Ltd. Hemel Hemstead, HP1 1ES UK. Disponible en: www.vsn.co.uk
- Koots, K. R., J. P. Gibson, C. Smith, and J. W. Wilton. 1994. Analyses of published genetic parameter estimates for beef production traits. 1. Heritability. *Animal Breeding Abstracts* 62: 309-338.

XXIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal
IV Congreso de Producción Animal Tropical
La Habana (Cuba) 18 – 22 noviembre, 2013

- Meyer, K. 1992. Variance components due to direct and maternal effects for growth traits of Australian beef cattle. *Livestock Production Science* 31: 179-204
- Robert, C., J. L. Foulley, and V. Ducrocq. 1995. Genetic variation of traits measured in several environments. I. Estimation and testing of homogenous genetic and intra-class correlation between environments. *Genetics Selection Evolution* 27: 11-123.
- Robertson, A. 1959. The sampling variance of the genetic correlation coefficient. *Biometrics* 15: 469-485.
- Roso, V. M., and F. S. Schenkel. 2006. AMC – A computer program to assess the degree of connectedness among contemporary group. *In: Proceedings of the 8th World Congress on Genetic Applied to Livestock Production*. Belo Horizonte, Brazil, August 13-18. Poster 27-26.
- SMN (Servicio Meteorológico Nacional). 2011. Normales Climatológicas. Disponible en: <http://smn.cna.gob.mx>
- Saavedra-Jiménez, L. A., R. Ramírez-Valverde, R. Núñez-Domínguez, J. G. García-Muñiz, N. López-Villalobos, y A. Ruíz-Flores. 2013. Genotype by climate interaction in the genetic evaluation for growing traits of Braunvieh cattle in Mexico. *Tropical Animal Health and Production* DOI 10.1007/s11250-013-0387-2.
- Sousa, J. S. C., I. D. P. S. Diaz, K. R. Santos, J. E. R. Sousa, J. L. R. Sarmiento, and R. M. Filho. 2012. Genotype by environment interaction in different birth seasons for weight at 240, 365 and 450 days of age in Tabapua cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia* 41: 2169-2175.