

# **INTERACCIONES GxE Y HETEROGENIDAD GENÉTICA ENTRE LACTACIONES EN LA OVEJA CHURRA**

Sánchez, J. P.<sup>1</sup>, de la Fuente, L. F., Carriedo, J. A. y San Primitivo, F.  
Dep. Producción Animal, Universidad de León, Campus de Vegazana, 24071 León, España.  
<sup>1</sup>jpsans@unileon.es

## **INTRODUCCIÓN**

Los sistemas de producción de ganado ovino de razas autóctonas en general, y de la raza Churra en particular, presentan una gran variabilidad, pudiendo encontrar explotaciones con muy distinto grado de intensificación productiva y reproductiva (El-Saied et al., 2006). El actual esquema de selección de esta raza (De la Fuente et al., 1995) no contempla la interacción que pudiera haber entre esta amplia variación ambiental y los efectos genéticos. Y las estimaciones de parámetros genéticos obtenidos para esta población son considerablemente más bajas (El-Saied et al., 2006), que las que se obtienen para otras poblaciones (p.e. Lacaune (Barillet y Boichard, 1987)) que, en general, presentan una mayor uniformidad en sus sistemas de producción. Por otra parte, pudiera existir heterogeneidad genética entre las distintas lactaciones de un animal, que de alguna manera pudiera interpretarse como otra evidencia de interacciones GxE.

Nuestra hipótesis de trabajo es que el ganado Churro la magnitud de las interacciones GxE es considerable y que ésta a su vez estas interacciones pueden ser diferentes para cada lactación. El objetivo de este trabajo es precisamente estimar el valor de los parámetros genéticos para producción de leche en la oveja Churra, considerando las interacciones GxE y una posible heterogeneidad genética entre lactaciones.

## **MATERIAL Y METODOS**

La base de datos analizada incluyó 77.251 registros de controles lecheros diarios, producidos por 7.998 ovejas en 2.127 grupos de contemporáneas (GC) (Rebaño-Día de control, RDC) (56 rebaños). El Pedigree asociado a ella incluyó 17.450 registros. En este Pedigree, los padres desconocidos y los machos de monta natural se reemplazaron por grupos genéticos (47), definidos por la concatenación del año de nacimiento y el sexo (madre o padre desconocido). Las observaciones se tipificaron a media cero y desviación típica 1.

Durante la edición de la base de datos únicamente se seleccionaron registros de hembras hijas de machos de IA, con al menos tres controles por lactación. Para reducir la proporción de GC pequeños, se descartaron todos los datos de ovejas que tuvieron algún registro en una clase de RDC con menos de 10 controles.

La definición de las variables ambientales a considerar en los modelos con interacción GxE se hizo utilizando las estimaciones del efecto RDC de modelos fijos.

En un primer grupo de análisis, se han empleado modelos univariados (UF) y multivariados (MF) fijos, para estimar el efecto de los niveles del factor Rebaño-Día de control. En un segundo grupo de análisis, se han empleado modelos animales univariados (UAR) y multivariados de repetibilidad (MAR), para estimar la heredabilidad en la situación en que no se asume heterogeneidad entre lactaciones y para estimar las heredabilidades y correlaciones genéticas entre ellas. Finalmente, los modelos UAR y MAR se extendieron a modelos de regresión aleatoria, al considerar como covariable ambiental las medias de los RDC y así investigar la variabilidad en las normas de reacción a esta variable ambiental (RR-UAR y RR-MAR) (Kolmodin et al., 2002).

En todos estos modelos, los factores fijos considerados fueron: Rebaño-Día de control (RDC); número de nacidos vivos (NV) en el parto que inicia la lactación; ordinal de control (OC); periodo de lactación en semanas (SIM); y ordinal de parto (OP) y edad de la oveja el día del parto, como una covariable anidada al ordinal de parto (EDAD(OP)). Así el efecto de los factores fijos para un registro en concreto (h) quedaría definido de la siguiente manera:

$$\mathbf{x}'_h \boldsymbol{\beta} = RDC_i + OP_j + EDAD(OP)_j + NV_k + OC_l + SIM_m$$

Donde  $\boldsymbol{\beta}$  son los efectos de los distintos niveles y  $\mathbf{x}'_h$  el vector de diseño para el registro  $h$ -ésimo. En los casos multivariados, como para todos los caracteres (1, 2 y  $\geq 3$  parto) se asume el mismo modelo, bastaría con incluir un subíndice (t) en todos los términos de esta ecuación.

A continuación se presentan las ecuaciones de todos estos modelos, así como la estructura de (co)varianzas para los efectos aleatorios del modelo más complejo (RR-MAR). El subíndice p se refiere a la oveja  $p$ -ésima.

$$\text{UF: } y_h = \mathbf{x}'_h \boldsymbol{\beta} + e_h; \text{ MF: } y_{th} = \mathbf{x}'_{th} \boldsymbol{\beta} + e_{th}$$

$$\text{UAR: } y_h = \mathbf{x}'_h \boldsymbol{\beta} + a_p + p_p + e_h; \text{ MAR: } y_{th} = \mathbf{x}'_{th} \boldsymbol{\beta} + a_{tp} + p_{tp} + e_{th}$$

$$\text{RR-UAR: } y_h = \mathbf{x}'_h \boldsymbol{\beta} + a_p + \hat{R}DC_i \times as_p + p_p + \hat{R}DC_i \times ps_p + e_h$$

$$\text{RR-MAR: } y_{th} = \mathbf{x}'_{th} \boldsymbol{\beta} + a_{tp} + \hat{R}DC_{ii} \times as_{tp} + p_{tp} + \hat{R}DC_{ii} \times ps_{tp} + e_{th}$$

$$\mathbf{a}^* = \{\mathbf{a}', \mathbf{as}'\}; \mathbf{p}^* = \{\mathbf{p}', \mathbf{ps}'\} \text{ y } \text{Var} \begin{bmatrix} \mathbf{a}^* \\ \mathbf{p}^* \\ \mathbf{e} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{G}_0 \otimes \mathbf{A} & 0 & 0 \\ 0 & \mathbf{P}_0 \otimes \mathbf{I} & 0 \\ 0 & 0 & \mathbf{R}_0 \otimes \mathbf{I} \end{bmatrix}$$

$\mathbf{G}_0$  y  $\mathbf{P}_0$  son matrices simétricas de (co)varianzas de dimensión 6x6 y  $\mathbf{R}_0$  es una matriz de (co)varianzas de dimensión 3x3.  $\mathbf{A}$  es la matriz del doble de las relaciones de parentesco.

La estimación de los componentes de varianza se realizó usando el algoritmo EM-REML implementado en el programa *remlf90* (Misztal, 2002).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se presentan los resultados de ajuste de los 4 modelos mixtos investigados. Los p-valores de las pruebas de cocientes de verosimilitud, correspondientes a los estadísticos y grados de libertad mostrados son cero, por lo tanto no podemos rechazar las hipótesis de heterogeneidad entre partos e interacción GxE.

La tabla 2 muestra las estimaciones de parámetros genéticos para los modelos que no consideran la interacción GxE (UAR y MAR). Como se ha indicado en estudios previos (Cappelletti, 1998), la heredabilidad disminuye con el número de parto, y las correlaciones genéticas, si bien son altas, siempre son inferiores a 0.9. A pesar de esta evidencia debería valorarse, para nuestros parámetros, en qué grado el modelo de repetibilidad es una buena aproximación del modelo multicarácter, para predecir un único valor genético.

En la figura 1 se presentan las estimaciones de heredabilidad como una función de la escala ambiental, calculadas usando los modelos RR-UAR y RR-MAR. Igualmente en esta figura se muestran los patrones de cambio de las correlaciones genéticas entre el ambiente promedio (0) y el resto de situaciones ambientales. Se puede apreciar que el efecto de la interacción es más acusado en el primer parto que en el resto, de forma que se observan mayores fluctuaciones en la heredabilidad y en la correlación genética. Además, el modelo de repetibilidad (RR-UAR) conduce a un patrón de heredabilidad cuyos valores son menores que los observados para los distintos partos de manera individualizada.

Nuestros resultados indican que existe heterogeneidad genética entre lactaciones para la producción lechera; y que la interacción GxE, considerada mediante modelos de norma de reacción, muestra una magnitud significativa. Ambos factores incluidos en los modelos de evaluación genética pudieran conducir, a estimas más precisas del valor genético, al poder hacer la evaluación dependiente del ambiente de producción. Lo que en consecuencia, con respecto al sistema de evaluación actual incrementaría la respuesta esperada a la selección.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barillet, F. & Boichard, D., 1987. Genet. Sel. Evol. 19:459–474.
- Cappelletti, C. A. 1998. Tesis Doctoral. Universidad de León.
- De la Fuente, L.F., Baro, J.A. & San Primitivo, F. 1995. *Cahiers OPTIONS méditerranéennes*. vol. 11: 165-172.
- El-Saied, U.M., de la Fuente, L.F. & San Primitivo, F. 2006. *Livest. Sci.*, 101: 180-190.
- Kolmodin, R., Strandberg, E., Madsen, P., Jensen, J. & Jorjani, H. 2002. *Acta Agric. Scand., Sect. A, Animal Sci.* 52: 11-24.
- Misztal, I. 2002. <http://nce.ads.uga.edu/~ignacy/numpub/blupf90/docs/remlf90.pdf>.

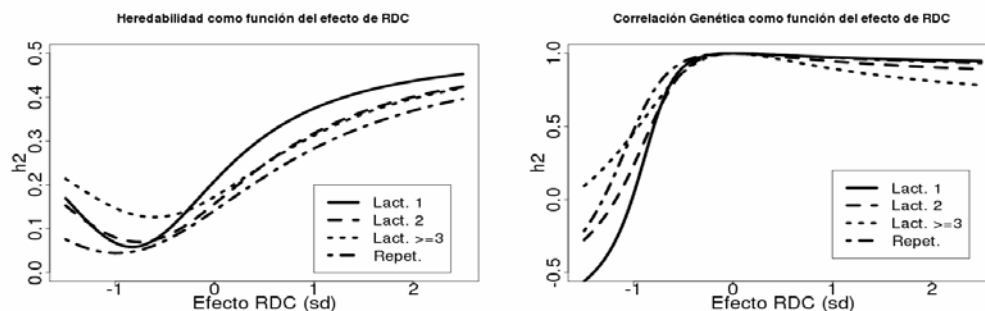
**Tabla 1.** Estadísticos de ajuste y grados de libertad de los distintos modelos investigados

	g.l.	-2log(L)	AIC
UAR	75,026	156,606.5	156,612.5
RR-UAR	75,022	154,356.9	154,374.9
MAR	71,455	107,382.3	107,436.3
RR-MAR	71,425	104,460.7	104,622.7

g.l.: 77,251 - rango(X) modelo fijo – (nº Grupos Genéticos - 1) – nº Comp. Varianza

**Tabla 2.** Estimaciones de heredabilidad (diagonal y primera columna) y correlaciones genéticas entre partos (triangular superior)

UAR	MAR		
h <sup>2</sup>	1 Lact.	2 Lact.	>=3 Lact.
0.126	0.1619	0.896	0.870
		0.1526	0.865
			0.1055



**Figura 1.** Heredabilidades y correlaciones genéticas como función de la escala ambiental.

**Agradecimientos:** Este trabajo ha sido realizado como parte del proyecto GR-43/2008 financiado por la Junta de Castilla y León.

## GxE INTERACTIONS AND GENETIC HETEROGENEITY ACROSS LACTATIONS IN CHURRA SHEEP

**ABSTRACT:** The objective of this study is to assess heterogeneity across lactations and GxE interactions for daily milk production in Churra sheep. To this end, 77,251 test day records were fitted using univariate and multivariate reaction norm models. Heritability estimates across lactations range from 0.16 to 0.10 and the genetic correlations between them were lower than 0.9. Substantial genetic variation was observed in reaction norms to the environmental scale (defined by the average production of Contemporary Groups). The heritability in the first lactation changed from 0.09 in the average environment (0) to more than 0.35 in the best environments (+2 standard deviations (sd)) and negative genetic correlations (-0.45) were observed between performances in the average environment and at -1.3 sd below this average environment. Our results, although preliminarily, suggest that these sources of variation could be important and should be considered in the evaluation models.

**Keywords:** dairy sheep, milk production, GxE interaction, heterogeneity across lactations.