

## EFFECTO DE LA RESTRICCIÓN ALIMENTARIA SOBRE EL PESO DE LA DESCENDENCIA EN RATONES SELECCIONADOS DIVERGENTEMENTE PARA VARIABILIDAD AMBIENTAL DEL PESO AL NACIMIENTO

Formoso-Rafferty<sup>1</sup>, N., Cervantes<sup>1</sup>, I., Gutiérrez<sup>1</sup>, J.P. y Bodin<sup>2</sup>, L.

<sup>1</sup>Departamento de Producción Animal. Facultad de Veterinaria. UCM.

<sup>2</sup>INRA UMR1388 / INPT ENSAT / INPT ENVT GenPhySE, F-31326 Castanet-Tolosan, Francia.

n.formosorafferty@ucm.es

### INTRODUCCIÓN

La mejora de la eficiencia alimentaria, tanto en la etapa de crecimiento como en la reproductiva, es un aspecto clave para incrementar la sostenibilidad de los sistemas de producción (Kanis et al., 2005). Por otra parte, el ciclo reproductivo de las hembras es un periodo de balance energético negativo. En éste intervienen numerosos factores (capacidad de ingesta, capacidad de movilización de reservas, etc), de cuyo determinismo genético se conoce poco (Bergsma et al., 2008; Gilbert et al., 2012; Pascual et al., 2013). Además, lo que ocurre durante la lactación condiciona en gran medida la capacidad fisiológica de la hembra para hacer frente al siguiente ciclo. Tras analizar la influencia de la restricción sobre las madres, el objetivo de este trabajo fue analizar la influencia de la restricción alimentaria de las madres sobre el peso al nacimiento (PN) en las crías de dos líneas divergentes seleccionadas para variabilidad del PN en ratones.

### MATERIAL Y MÉTODOS

Los datos se obtuvieron tras doce generaciones de un exitoso experimento de selección divergente para variabilidad ambiental de PN en ratón (Formoso-Rafferty et al., 2016a). En cada una de las generaciones 12, 13 y 14 tras el destete, se escogieron al azar un total de 40 hembras por línea (4 hermanas completas de 10 camadas escogidas al azar) y se alojaron individualmente. Del destete a las tres semanas hasta las 13 semanas de edad se sometieron a control de consumo y crecimiento semanal, formando cuatro grupos de 10 hembras por cada línea: dos con alimentación *ad libitum* y otros dos con restricción alimentaria (Régimen1), repartiendo equilibradamente las hermanas entre los grupos. Después de un tiempo de recuperación que fue hasta una semana antes del apareamiento, cada uno de los grupos anteriores se dividió a su vez en otros dos hasta el destete de la segunda camada: uno con alimentación *ad libitum* y otro con restricción alimentaria (Régimen2). Las restricciones impuestas durante los dos periodos de régimen controlado fueron del 75%, 90% y 85% del consumo *ad libitum* en las generaciones 12, 13 y 14 respectivamente. La base de datos contenía finalmente un total de 1275 datos de PN de 158 camadas, con un total de 4093 registros de pedigrí. Con el fin de conocer los factores genéticos y ambientales que afectan a la media y a la varianza residual del PN y particularmente la correlación genética entre ellos, se utilizó un modelo heteroscedástico (SanCristobal-Gaudy et al., 1998) que responde a la siguiente expresión:

$$y = \mu + u + c + \exp\left(\frac{\eta + v}{2}\right)\varepsilon \quad \text{donde } \mu \text{ y } \eta \text{ representan respectivamente los efectos}$$

fijos y sus interacciones que afectan la media y la variabilidad ambiental del PN,  $u$  y  $v$  (con varianzas  $\sigma_u^2$  y  $\sigma_v^2$ ), representan respectivamente el efecto genético materno para el nivel y la variabilidad, y  $c$ , con varianza  $\sigma_c^2$ , representa el efecto camada sobre la media del carácter. Los efectos fijos susceptibles de afectar la media y la variabilidad del PN que estuvieron analizados fueron: el régimen alimentario (*ad libitum* o restricción), durante el crecimiento de las madres (Régimen1) y durante su periodo de reproducción (Régimen2), así como su interacción, la línea (alta o baja), la generación (12, 13 o 14), el tamaño de camada de origen de la hembra (TC, agrupado en tres niveles: 4 a 9, 10 y 11, 12 a 15), el de su descendencia (TCd agrupado en cinco niveles: 1 a 5, 6, 7 a 9, 10, 11 a 13), el número de parto (1 o 2) y el sexo (macho, hembra o desconocido), junto con todas

las interacciones de primer orden de los efectos régimen de alimentación, línea y generación. Para la media del carácter, el efecto genético de la línea debido a la selección, se estimó como el promedio de los valores genéticos de los animales de cada línea. Todos los análisis se realizaron mediante el software ASReml (Gilmour et al., 2014) del cual una reciente extensión desarrollada por Felleki et al. (2012) permite analizar modelos heteroscedásticos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 figuran los efectos fijos significativos que afectan a la media y la variabilidad del PN así como las varianzas de los efectos aleatorios. El efecto línea es significativo: las crías de la línea de alta variabilidad pesan 0,15g (8,8%) más al nacimiento que las de baja. Dado el objetivo de selección de las líneas, esto corresponde a la respuesta indirecta a la selección que se ha visto sobre las líneas seleccionadas (Formoso-Rafferty et al., 2016b) y a la diferencia de PN de las madres de estas crías (Formoso-Rafferty et al., 2017). El efecto generación (figura 1A), es significativo únicamente sobre la descendencia de las madres restringidas durante la reproducción y afecta más a las crías de la generación 12 cuando la restricción fue superior (75%) y menos a los de la generación 13 que tuvo una restricción más ligera (90%), siendo intermedia en la generación 14 con restricción también intermedia (85%).

De manera similar, el efecto de la restricción de las madres durante su crecimiento (Régimen1) afecta al PN de las crías únicamente para las que tuvieron también una restricción durante su reproducción (figura 1B). Aunque significativo ( $P=0,08$ ), este efecto es muy reducido (0,07g) lo que muestra la gran capacidad de recuperación de las hembras y el escaso efecto de su propio crecimiento sobre el PN de su descendencia (Valiente et al., 1999 en ratas; Veneciano y Frasinelli, 2014 en bovinos). La varianza del efecto común de la camada es relativamente importante y mucho mayor que la varianza genética del efecto materno que es baja aunque diferente de cero. Sin embargo este último parámetro coincide con las estimaciones obtenidas durante el proceso de selección (Formoso-Rafferty et al., 2016a).

Respecto a los efectos que influyen sobre la variabilidad de PN, se ha podido destacar: el sexo de la cría, una interacción entre la línea y el régimen alimenticio después del apareamiento (Régimen2) y un efecto genético de la madre. Al contrario de los otros efectos, es la primera vez que se señala un efecto del régimen de alimentación de la madre sobre la variabilidad de los PN de las crías. La interacción observada con el efecto línea (Alta: *ad-libitum*:  ${}_1\eta_a = -3,61$ ; restringido:  ${}_1\eta_r = -3,78$  y Baja: *ad-libitum*  ${}_2\eta_a = -3,77$ ; restringido:  ${}_2\eta_r = -3,82$ ) se traduce por una reducción de varianza residual debido a la restricción de solamente 5% en la línea de baja variabilidad mientras es 18% en la de alta. Parece que la selección por variabilidad del PN ha conferido una menor sensibilidad de las madres a las condiciones ambientales. La correlación genética entre los parámetros de posición y de dispersión del PN es 0,34, pero con una precisión bastante mala debido a los numerosos factores de variación en relación al escaso número de datos. Sin embargo, esta correlación positiva puede compararse con la obtenida por (Formoso-Rafferty et al., 2017) sobre los mismos datos, y puede explicar los PN superiores de las crías de la línea de alta variabilidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

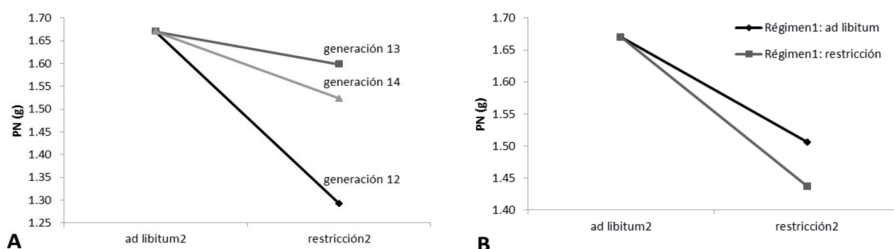
- Bergsma, R., Kanis, E., Verstegen, M.W. & Knol, E.F. 2008. J. Anim. Sci. 86, 1067-1080.
- Felleki, M., Lee, Y., Gilmour, A.R. & Ronnegard, L. 2012. Genet. Res. 94: 307-317.
- Formoso-Rafferty, N., Cervantes, I., Ibáñez-Escriche, N. & Gutiérrez, J.P. 2016a. J. Anim. Breed. Genet. 133: 227-237.
- Formoso-Rafferty, N., Cervantes, I., Ibáñez-Escriche, N. & Gutiérrez, J.P. 2016b. Animal. 10(11): 1770-1777.
- Formoso-Rafferty, N., Cervantes, I., Sánchez, J.P., Gutiérrez, J.P. & Bodin, L. 2017. Jornadas AIDA-ITEA.
- Gilbert, H., Bidanel, J.P., Billon, Y., Lagant, H., Guillouet, P., Sellier, P., Noblet, J. & Hermes, S., 2012. J. Anim. Sci. 90, 1097-1108.
- Gilmour, A.R., Gogel, B.J., Cullis,

B.R., Welham, S.J. & Thompson, R. 2014. Asreml user guide release 4.1 functional specification: Hemel Hempstead: VSN International Ltd. • Kanis, E., De Greef, K.H., Hiemstra, A., & Van Arendonk, J.A.M. 2005. J. Anim. Sci. 83: 948-957. • Pascual, J.J., Savietto, D., Cervera, C. & Baselga, M. 2013. World Rabbit Sci. 21, 123-144. • SanCristobal-Gaudy, M., Elsen, J.M., Bodin, L. & Chevalet, C. 1998. Genet. Sel. Evol. 30: 423-451. • Valiente, D., Alfonso, C., Bernardo, M.G., Molina, J.R. & González, V.T. 1999. Rev. Cubana Invest. Biomed. 18(2): 104-10. • Veneciano, J.H. & Frasinelli, C.A. 2014. Cría y recría de bovinos. INTA San Luis.

**Agradecimientos:** El estudio se ha realizado con una financiación parcial a través de un proyecto MEC-INIA (RTA2014-00015-C02-02). Este experimento ha sido parcialmente financiado mediante un proyecto del Plan Nacional (AGL2008-00794).

**Tabla 1:** Probabilidades del test F de los efectos fijos y varianzas de los efectos aleatorios que afectan la media PN ( $\mu$ ) y la variabilidad PN ( $v$ ) del carácter.

	PN ( $\mu$ )	PN ( $v$ )	rg
Sexo	<0,001	<0,001	
Tamaño de camada hembra	<0,001		
Número de parto	0,023		
Generación × Regimen2	<0,001		
Regimen1 × Regimen2	0,083		
Linea × Regimen2		0,195	
$\sigma^2$ Camada	0,0198 (0,0028)		
$\sigma^2$ Madre	0,0061 (0,0029)	0,0454 (0,0163)	0,34 (0,33)



**Figura 1:** Valores predictivos del peso al nacimiento de las crías (PN) de cada generación (A) y según el régimen de alimentación de la madre (B).

### EFFECTS OF FOOD RESTRICTION OF DESCENDANCE IN DIVERGENTLY SELECTED MICE FOR ENVIRONMENTAL VARIABILITY OF BIRTH WEIGHT

**ABSTRACT:** The aim of the genetic selection in animal breeding has traditionally been the increase in the mean of the productive traits. Improving food efficiency, at the growth and reproductive stages, is an aspect of increasing the sustainability of production systems. In addition, what happens during lactation has a strong effect on the physiological capacity of the female to cope with the next cycle. The objective of this work was to analyze the influence of the mothers' food restriction on their offspring in two lines divergently selected for birth weight variability in mice. It seems that selection for birth weight variability has conferred a lower sensitivity of the mothers to the environmental conditions. The genetic correlation between the position and dispersion parameters of the birth weight is 0.34.

**Keywords:** divergent selection experiment, feed efficiency, mice