

Efectos genéticos para la productividad acumulada de la cerda al destete en una granja porcina comercial

Rafael Galíndez^{1*}, Gonzalo Martínez¹ y Omar Verde²

¹Instituto de Producción Animal. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Apdo. 4579. Maracay 2101, Aragua. Venezuela

²Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela. y Centro de Investigaciones del Estado para la Producción Experimental Agroindustrial (CIEPE)

RESUMEN

Se estimaron los efectos genéticos aditivos directos para la productividad acumulada de la cerda en una granja comercial. Se analizaron 3419 y 3142 registros de vida productiva en cerdas de las razas Landrace (L) y Large White (LW), respectivamente. Se consideró la sumatoria de lechones destetados durante la vida productiva de la cerda (NLD) y la sumatoria de peso de la camada al destete durante la vida productiva de la cerda (PCD). Se definió el grupo de oportunidad de las cerdas en al menos tres partos. Los datos correspondieron al período comprendido entre los años de nacimiento 1985 y 2005. Para la estimación de los componentes de varianza y parámetros genéticos se usó un modelo de repetibilidad mixto univariado, mediante la metodología de máxima verosimilitud restringida. Se incluyeron los efectos fijos de año, mes de nacimiento de la cerda y la covariable edad al primer parto, asimismo se incluyeron los efectos genéticos aditivos directos (σ^2) y ambientales permanentes (C). Los promedios resultaron en 25,15 lechones, 174,4 kg y 27,29 lechones, 200,03 kg para NLD, PCD en las razas L y LW. Los h^2_a se ubicaron en el rango de 0.02 – 0.05, los C oscilaron entre 0,12 y 0,14 y la repetibilidad entre 0,15 y 0,17. Las tendencias genéticas fueron bajas y positivas. Se concluye que los efectos ambientales permanentes son más importantes que los efectos genéticos aditivos directos.

Palabras clave: prolificidad, longevidad, vida útil, repetibilidad, tendencia genética.

Genetics effects for accumulated productivity of sows at weaning in a commercial farm

ABSTRACT

Direct additive genetic effects for cumulative productivity of sows on a commercial farm were estimated. Records of the productive life of 3419 and 3142 sows of Landrace (L) and Large White (LW) breeds were analyzed, respectively. The sum of piglets during the productive life of the sow (NLD) and the sum of litter weight at weaning during the productive life of the sow (PCD) were considered. Opportunity group was defined as the group of sows having at least three deliveries. The data were for the period from years of birth 1985 to 2005. To estimate the variance components and genetic parameters a univariate repeatability mixed model was used through restricted maximum likelihood methodology. The fixed effects of year of birth, month of birth of the sow and the covariate age at first farrowing were included, also the random effects of direct additive genetic effects (σ^2) and permanent environmental (C) were included. The averages were 25.15 piglets, 174.4 kg and 27.29 piglets, 200.03 kg for NLD, PCD in L and LW breeds, respectively. The h^2_a ranged from 0.02 to 0.05, the C ranged between 0.12 and 0.14 and the repeatability between 0.15 and 0.17. Genetic trends were low and positive. It can be concluded that permanent environmental effects are more important than direct additive genetic effects.

Key words: prolificacy longevity, useful life, repeatability, genetic trend.

*Autor de correspondencia: Rafael Galíndez

E-mail: galindezr@agr.ucv.ve

INTRODUCCIÓN

La productividad de las granjas porcinas se mide en función de la productividad de la cerda, más precisamente mediante el número de lechones destetados por cerda/año. Esta medida agrupa una serie de características de particular interés. En primera instancia incluye fertilidad, debido a que la reducción de los intervalos entre partos producirá un mayor número de lechones en el año por cerda. Otro aspecto es la prolificidad, medida como tamaño de camada, la cual según Barbosa *et al.* (2010) es la característica más importante desde el punto de vista económico. Por otra parte, debe considerarse que la productividad de la cerda depende, no sólo de su frecuencia de preñez y parto, sino que en cada parto tenga un número elevado de lechones, que estos sean de buena calidad (salud, peso) y que se tenga un mínimo de descartes involuntarios (Moeller *et al.*, 2004). Por muchos años la selección sobre el tamaño de camada ha sido el objetivo principal de los mejoradores, señalándose progresos genéticos que oscilan en el rango de 3 – 4 lechones destetados por cerda en periodos de nueve años de estudio (Babot *et al.*, 2003). En cuanto al comportamiento acumulado de la cerda, denominada vida productiva, se han reportado tamaños de camada acumulados al destete hasta el tercer parto que oscilan entre 25 y 28 lechones; mientras que la sumatoria de peso de la camada al destete se ubica cerca de 200 kg (Morris *et al.*, 1998; Galíndez, 2004; Moeller *et al.*, 2004; Rodríguez-Zas *et al.*, 2007; Tanaka y Koketsu, 2008). La implantación de los programas de selección depende principalmente de la importancia de los genes de efecto aditivo, por tanto, para el mejorador es crucial estimar los parámetros genéticos. En este sentido, la mayoría de los resultados científicos reflejan valores bajos de heredabilidad para los caracteres que expresan la vida productiva (sumatoria de lechones, sumatoria de peso de camada) en cerdas (Hananberg *et al.*, 2001; Serenius y Stalder, 2004; Radojkovic *et al.*, 2005; Kasprzyk, 2007; Fernandes *et al.*, 2008a,b). A pesar de ello, algunos programas de selección evidenciaron progresos genéticos interanuales en el orden de 0,1 lechones y 0,9 kg para la sumatoria de tamaño de camada y el peso acumulado al destete, respectivamente (Chen *et al.*, 2003; Galíndez, 2004; Fernandes *et al.*, 2008a,b).

El objetivo del presente trabajo fue estimar los efectos genéticos para la productividad acumulada de la cerda al destete en una granja porcina comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para evaluar la productividad acumulada de las cerdas se utilizó la base de datos de una granja porcina comercial ubicada en el estado Yaracuy, Venezuela. La misma contenía los registros productivos de 12859 partos de cerdas de la raza Landrace (LR) y 12318

partos de cerdas de la raza Large White (LW). Las características consideradas fueron: a) sumatoria de lechones destetados durante la vida productiva de la cerda (NLD) y b) sumatoria de peso de la camada al destete durante la vida productiva de la cerda (PCD). Para tal fin fue necesario sumar los valores de tamaño y peso de la camada al destete de cada parto, incluyéndose además del rendimiento acumulado durante la vida productiva de la cerda, los valores de sumatorias parciales en la base de datos. El peso de la camada al destete fue corregido a 21 días de edad. Se definió el grupo de oportunidad de las cerdas en tres partos; es decir, la oportunidad de las hembras de tener al menos tres camadas en su vida productiva (Hudson y Van Vleck, 1981). Los datos correspondieron al período comprendido entre los años de nacimiento 1985 y 2005. Los planes alimenticios para todas las etapas productivas de los animales fueron diseñados y aplicados por personal de la empresa porcina. El manejo de los lechones incluyó suministro de hierro, corte de cola y colmillos, desparasitación y un plan sanitario que incluyó la aplicación de las vacunas contra *Mycoplasma hyopneumoniae*, *Streptococcus suis*, *Salmonella typhimurium*, pleuroneumonía y peste porcina clásica. Asimismo, dentro del plan sanitario para animales adultos se incluyeron las vacunas para proveer protección contra rinitis infecciosa, fiebre aftosa, peste porcina clásica, *Escherichia coli* y *Actinobacillus*.

El manejo reproductivo contempló el uso de inseminación artificial en la totalidad de la población de hembras reproductoras, aplicando tres inseminaciones (am-pm-am) al detectar el celo. La preñez fue detectada usando un equipo de ultrasonido. Las cerdas fueron descartadas si repetían celo en dos ocasiones consecutivas. La estructura de los datos se muestra en el Cuadro 1.

Con la finalidad de obtener los factores de ajuste (para hacer comparable las cerdas), se realizó un análisis de varianza considerando el grupo de contemporáneos: mes de parto-año de parto-número de parto, usando el procedimiento de máxima verosimilitud restringida, con el programa estadístico SAS (Littell *et al.*, 2002). El número de partos se agrupó en tres categorías (uno, dos y tres o más partos).

Luego de realizar los ajustes, se sumaron los valores corregidos de las características para cada parto, utilizándose estos últimos para la estimación de los componentes de varianza y los parámetros genéticos. En este sentido, para estimar los componentes de varianza (CV) y parámetros genéticos (PG), los datos fueron analizados utilizando un modelo lineal mixto univariado, con el programa propuesto por Boldman *et al.* (1995), MTDFREML (Multiple Traits Derivate Free Restricted Maximum Likelihood). Se utilizó

Cuadro 1. Estructura de los datos para número de lechones destetados (NLD) y peso (kg) de la camada al destete (PCD) durante la vida productiva de la cerda.

Estadístico	Landrace		Large White	
	NLD†	PCD‡	NLD†	PCD‡
Nº registros totales	12859	12859	12318	12318
Nº de animales	4778	4778	4523	4523
Nº de padres	539	539	531	531
Nº Camadas/Cerda(Promedio)	3,76	3,76	3,92	3,92
Nº Camadas/Padre(Promedio)	23,85	23,85	23,19	23,19
Nº Registros Vida Productiva§	3419	3419	3142	3142

†: sumatoria del número de lechones destetados durante la vida productiva de la cerda; ‡: sumatoria del peso (kg) de la camada al destete durante la vida productiva de la cerda; §:sumatoria.

un modelo de repetibilidad, incluyendo los registros parciales acumulados para cada parto-cerda y la sumatoria total del rendimiento productivo. El mismo se describe a continuación:

$$y = Xb + Z_1a + Z_2c + e, \text{ donde:}$$

y = es el vector de observaciones de la variable respuesta.

b = es el vector de efectos fijos:

Año de nacimiento de la cerda: 1985,..., 2005.

Mes de nacimiento de la cerda: 1,..., 12.

Covariable edad al primer parto.

a = es el vector de efectos genéticos aditivos directos (aleatorio).

c = es el vector de efectos ambientales permanentes (aleatorio).

e = es el vector de efectos residuales.

X = es la matriz de incidencia para los efectos fijos.

Z₁, Z₂ = son la matrices de incidencia relacionadas a los efectos aleatorios.

Para este caso particular, en análisis preliminares resultó no significativa la interacción entre los factores fijos; por lo tanto, el modelo es equivalente a usar el grupo de contemporáneos.

Propiedades del Modelo:

La esperanza de y es $[y] = Xb$

La varianza del modelo es:

$$\text{Var} \begin{pmatrix} a \\ c \\ e \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A\sigma_a^2 & 0 & 0 \\ 0 & I\sigma_c^2 & 0 \\ 0 & 0 & I\sigma_e^2 \end{pmatrix}$$

donde A es la matriz de parentesco de todos los

animales en el pedigrí, I es una matriz de identidad de orden apropiado (número de madres para s_c^2 y número de registros para s_e^2), s_a^2 es la varianza genética aditiva directa, s_c^2 es la varianza de los efectos ambientales permanentes y s_e^2 es la varianza de efectos residuales. El criterio de convergencia utilizado fue el -2Log de la verosimilitud inferior a 10^{-9} . Después de cada convergencia, el programa fue reiniciado usando los estimados obtenidos anteriormente como valores iniciales, deteniendo el análisis cuando la diferencia del log (L) en dos evaluaciones sucesivas resultó no significativa. Para comprobar la significancia estadística se aplicó la prueba de la razón de verosimilitud (Agresti 1996), mediante la cual se calcula la diferencia entre el logaritmo de la función de máxima verosimilitud (log L), usando la fórmula:

$$-2[\log(\text{Ev1}) - \log(\text{Ev2})], \quad (\text{Ev1} = \text{evaluación 1}; \\ \text{Ev2} = \text{evaluación 2})$$

Esta fórmula sigue una distribución χ^2 con un grado de libertad. El efecto ambiental permanente resultó significativo aplicando la prueba anteriormente mencionada siguiendo la siguiente fórmula:

$$-2[\log(\text{MR}) - \log(\text{MC})], \quad (\text{MR} = \text{modelo reducido}; \text{MC} = \text{modelo completo}).$$

Los errores estándar para los promedios de acumulado de número de lechones destetados y acumulado de peso de la camada al destete fueron calculados usando la siguiente fórmula (Spiegel, 1991):

$$ee = \frac{SD}{\sqrt{n}}, \quad \text{donde:}$$

ee = error estándar.

SD = desviación estándar.

n = número de registros.

Los errores estándar para los parámetros genéticos y los efectos ambientales permanentes se calcularon directamente con el programa MTDFREML. La

repetibilidad fue estimada usando los componentes de varianza obtenidos con este programa mediante la siguiente relación (Campos, 1999):

$$r = \frac{\sigma_a^2 + \sigma_c^2}{\sigma_f^2}, \text{ donde:}$$

r = repetibilidad.

σ_a^2 = varianza genética aditiva directa.

σ_c^2 = varianza ambiental permanente.

σ_f^2 = varianza fenotípica.

Los errores estándar para la repetibilidad fueron estimados usando el método Delta y la matriz de información de convergencia (Searle *et al.*, 1992). Para calcular las tendencias genéticas directas se realizaron regresiones en el tiempo (año de nacimiento de la cerda) de los valores genéticos directos de cada característica dentro de raza, estimados por el procedimiento de máxima verosimilitud restringida. Para estimar las tendencias ambientales se realizó la regresión en el tiempo (año de nacimiento de la cerda) de las constantes para cada año. Para estimar la tendencia fenotípica se realizó la sumatoria de las constantes ajustadas para año y los promedios anuales de los valores genéticos directos. De esta manera se obtuvieron las constantes fenotípicas anuales; seguidamente se aplicó la regresión en el tiempo (año de nacimiento de la cerda) de las constantes fenotípicas calculadas. Para probar la significancia estadística de los coeficientes de regresión se aplicó una prueba de *t* de Student (Steel *et al.*, 1997).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis reflejaron un promedio de 25,15 NLD de las cerdas LR con un PCD de 174,40 kg. Para las cerdas LW los promedios resultaron ligeramente superiores, siendo estos de 27,29 lechones y 200,03 kg para NLD y PCD, respectivamente. Los resultados obtenidos para NLD se sitúan dentro del rango reportado por otros estudios (Morris *et al.*, 1998; Galíndez, 2004; Moeller *et al.*, 2004). Por otra parte, el tamaño de camada acumulado en ambas razas es inferior a los reportes de Rodríguez – Zas *et al.* (2007) y Tanaka y Koketsu (2008). Los valores de PCD de este estudio se ubican entre el 1 y 7,5% por debajo de los promedios encontrados anteriormente (Morris *et al.*, 1998; Galíndez, 2004; Moeller *et al.*, 2004; Rodríguez – Zas *et al.*, 2007; Tanaka y Koketsu, 2008). Sin embargo, es necesario aclarar que los promedios para los caracteres que expresan vida productiva en el

presente trabajo pueden estar subestimados, debido a que en el modelo se incluyeron los registros parciales acumulados; es decir un modelo de repetibilidad por lo que los promedios acumulados totales pudiesen ser mayores. Por otra parte, vale la pena mencionar que se incluyeron todas las cerdas que tuvieron la oportunidad de tener al menos tres partos; por lo tanto, aquellas madres que entraron al proceso productivo y luego salieron de manera temprana debido a bajo tamaño o peso de camada, pudieran reducir el promedio general de la población. Precisamente, estas son las razones principales que aducen Tanaka y Koketsu (2008) como causas de la reducción de longevidad de las cerdas en granjas comerciales. Para los caracteres NLD y PCD en las poblaciones LR y LW analizadas, la selección basada en el fenotipo no será efectiva, pudiéndose obtener resultados no deseables. La afirmación se fundamenta en la baja respuesta a la selección que se puede obtener para estos caracteres, tal y como lo expresan los bajos índices de herencia encontrados (Cuadro 2).

A pesar de ello se observa que en la raza LW los índices de herencia son ligeramente superiores, por lo que puede asumirse que en esta raza existen genes o grupos de genes que favorecen en mayor grado la expresión de los caracteres y que probablemente no están presentes en la raza LR. Por otra parte, es también un indicador de que existe mayor variabilidad genética en la raza LW.

Los valores bajos de heredabilidad manifiestan que probablemente diversos efectos ambientales son causantes de variación en la expresión de las características evaluadas y que los efectos genéticos no aditivos pueden tener un impacto importante, por lo que probablemente un programa de cruzamiento sea más efectivo para lograr la mejora genética en estos caracteres. Los bajos índices de herencia obtenidos coinciden con los reportes de Hanenberg *et al.* (2001), Serenius y Stalder (2004), Radojkovic *et al.* (2005), Kasprzyk (2007) y Fernandes *et al.* (2008a,b). Por otro lado, estos últimos autores manifiestan que la reducción de la varianza genética aditiva probablemente sea causada por la aplicación permanente de programas de selección, teoría que pudiese aplicarse al presente estudio.

Los bajos índices de herencia indican la susceptibilidad de las características a factores ambientales. Al observar la fracción de la varianza debida a los efectos ambientales permanentes se concluye que estos son más importantes que los efectos genéticos aditivos directos, puesto que se encontraron valores que oscilaron entre 0,12 y 0,14; lo que ocasiona que la repetibilidad se ubique en el rango de 0,15 – 0,17; resultados similares a los reportados por Kasprzyk (2007) y Barbosa *et al.* (2010). Sin embargo, los valores son superiores a los obtenidos por Hanenberg *et al.* (2001) y Fernandes *et*

Cuadro 2. Componentes de varianza y parámetros genéticos y ambientales, repetibilidad y varianza fenotípica para la sumatoria de lechones destetados (NLD) y sumatoria de peso de la camada al destete (PCD) durante la vida productiva en cerdas Landrace y Large White.

Estadístico	Raza			
	Landrace		Large White	
	NLD†	PCD‡	NLD†	PCD‡
Varianza genética aditiva directa (σ_a^2)	4,96	246,09	15,81	662,13
Varianza ambiente permanente (σ_c^2)	38,11	1838,68	42,17	2355,11
Varianza residual (σ_e^2)	234,24	11411,19	287,80	15571,66
Varianza fenotípica (σ_p^2)	277,32	13495,98	345,79	18588,90
Índice de herencia directo (h_a^2)	0,02 (0,00)§	0,02 (0,00)	0,05 (0,01)	0,04 (0,01)
Ambiente permanente (C)	0,14 (0,01)	0,14 (0,01)	0,12 (0,01)	0,13 (0,01)
Residual (e)	0,84 (0,00)	0,84 (0,00)	0,83 (0,00)	0,84 (0,01)
Repetibilidad (r)	0,16 (0,01)	0,15 (0,01)	0,17 (0,01)	0,16 (0,01)

†: sumatoria de lechones destetados durante la vida productiva de la cerda; ‡: sumatoria de peso (kg) de la camada al destete durante la vida productiva de la cerda; §: error estándar entre parentesis).

al. (2008a,b); no obstante, estos autores trabajaron con registros parciales de tamaño y peso de camada al destete y no la sumatoria de las características (vida útil o productiva) como en el presente estudio. Por otra parte, Barbosa *et al.* (2010) expresan que el éxito reproductivo de las granjas porcinas parte del conocimiento de la repetibilidad de las características. En este sentido, una estrategia que pudiera ser útil es utilizar la habilidad productiva estimada como criterio de descarte, puesto que esta metodología incluye los efectos ambientales permanentes dentro de los cálculos (Galíndez *et al.*, 2011). Sin embargo, debe considerarse que los valores de repetibilidad encontrados en el presente estudio son bajos (Cuadro 2), situación que indica que se debe esperar para tener más registros de las cerdas para aumentar la precisión del estimado, lo que origina una estimación tardía en cerdas multíparas. Por esta razón se pudiese estar aumentando el intervalo generacional y, por consiguiente, se reduce la ganancia genética interanual.

Los resultados de las estimaciones de las tendencias genéticas para la prolificidad acumulada al destete en las razas LR y LW se muestran en las Figuras 1 y 2. Los coeficientes de regresión lineal reflejan progresos genéticos positivos en cada año para ambas razas; resultados que coinciden con los de Chen *et al.* (2003), Galíndez (2004) y Fernandes *et al.* (2008a,b); sin embargo son opuestos a la reducción del tamaño de camada interanual reportado por Kasprzyk (2007). A pesar de la baja ganancia genética interanual observada,

el resultado refleja la presencia de individuos mejoradores en la población, lo cual representa un reto, en el sentido de aumentar la precisión de la selección y utilizar de manera más eficiente estos reproductores. La tendencia es superior para la raza LW, afianzándose la teoría de que probablemente en esta raza estén presentes genes que favorecen la selección y que no están presentes en la raza LR, aún cuando en ambos casos las tendencias son de baja magnitud. A pesar de ello, las tendencias positivas encontradas muestran la correcta dirección de los trabajos de selección y apareamiento aplicados. Las tendencias ambientales y fenotípicas resultaron no significativas. Por otra parte, debe considerarse que los bajos índices de herencia encontrados en ambas razas pueden ser las causas del bajo progreso genético interanual observado.

En otro orden de ideas, el progreso genético para el acumulado de peso de lechones destetados en la vida productiva de la cerda en ambas razas ha sido positivo, obteniéndose valores de 0,11 y 0,96 para las razas LR y LW, respectivamente (Figuras 3 y 4). Las líneas de regresión estimadas resultaron significativas, lo que sugiere un cambio positivo interanual en la magnitud expresada, sobre el promedio de la población. Los valores observados superan los de Kasprzyk (2007) y Fernandes *et al.* (2008a,b), resaltando el hecho de que estos autores estimaron tendencias negativas para el peso de la camada al destete en ambas razas. A pesar de encontrarse progresos genéticos interanuales positivos en este estudio, estos son de baja magnitud, lo



Figura 1. Tendencia genética para la prolificidad acumulada (NLD) al destete en cerdas de la raza Landrace.
 $**$: $P < 0,01$

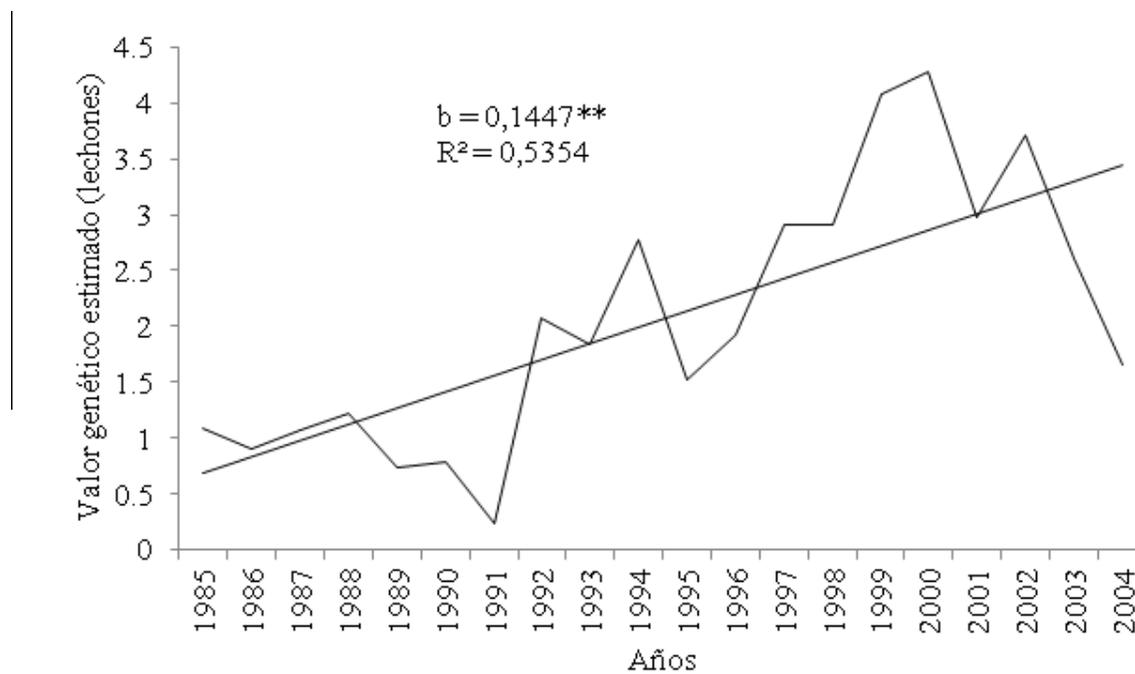


Figura 2. Tendencia genética para la prolificidad acumulada (NLD) al destete en cerdas de la raza Large White.
 $**$: $P < 0,01$

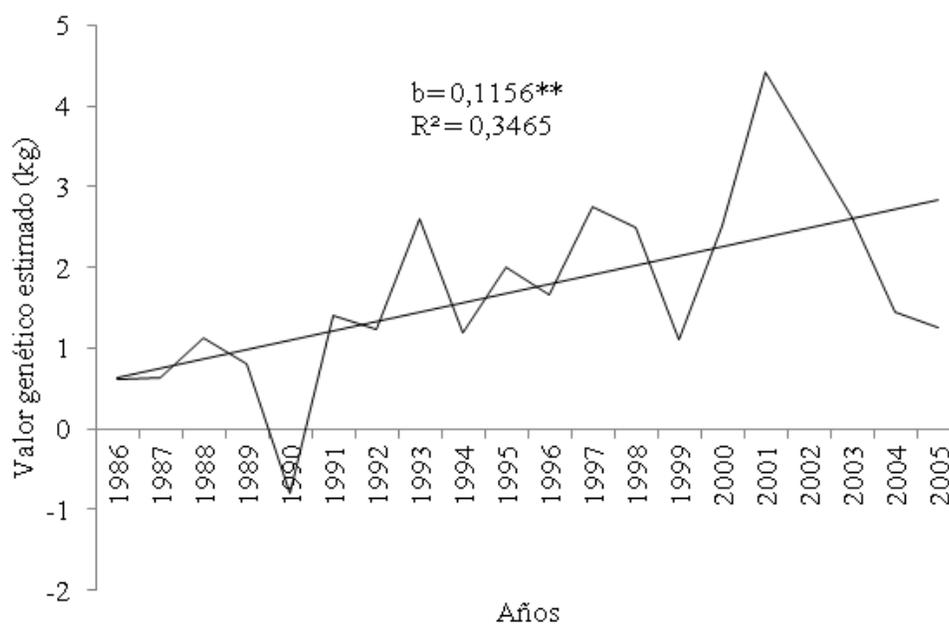


Figura 3. Tendencia genética para el peso acumulado de la camada (sumatoria) al destete en cerdas de la raza Landrace. **: $P < 0,01$

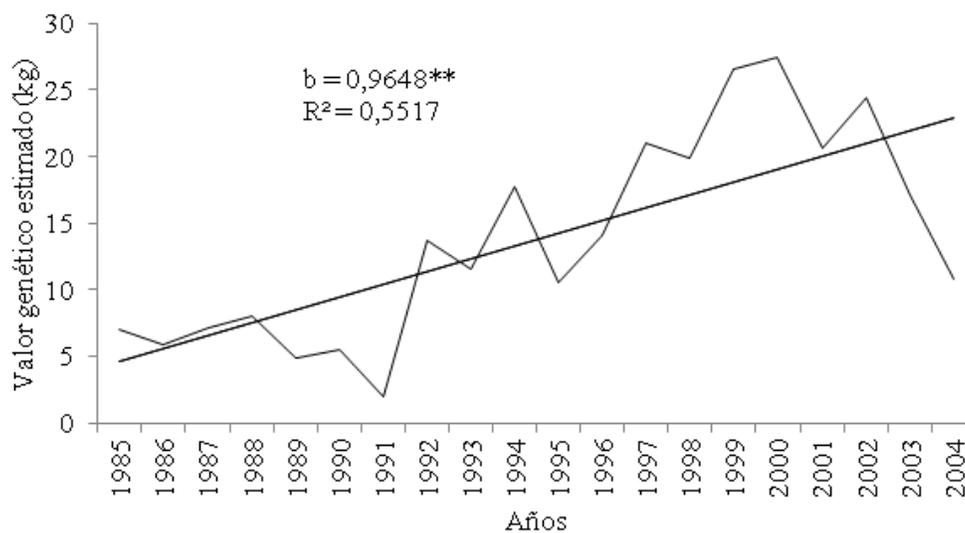


Figura 4. Tendencia genética para el peso acumulado de la camada (sumatoria) al destete en cerdas de la raza Large White. **: $P < 0,01$

que pudiera explicarse por los bajos índices de herencia directos evidenciados, por tanto una baja respuesta a la selección es de esperar, lo que se acentúa en la raza LR, por lo que se evidencia nuevamente la teoría de la presencia de genes de manera diferencial en ambas razas. Sin embargo, el signo positivo demuestra el sentido correcto de los programas de selección aplicados en las características analizadas en las razas LR y LW. No se observó significancia estadística de las tendencias ambientales y fenotípicas.

CONCLUSIONES

Los bajos índices de herencia encontrados para los caracteres analizados sugieren que la selección considerando los efectos genéticos aditivos directos no producirá grandes progresos genéticos interanuales. Sin embargo y dado que los efectos ambientales permanentes son más importantes, una alternativa a aplicar sería la habilidad productiva estimada de la cerda. Por otra parte, es notoria la desventaja de considerar estas características, debido a que se debe esperar a que las cerdas tengan más de dos partos para aumentar la precisión, por lo cual se puede incrementar el intervalo generacional, disminuyendo así el progreso genético interanual.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agresti, A. 1996. *An Introduction to Categorical Data Analysis*. John Wiley & Sons, New York, EUA. 290 p.
- Babot, D.; E. Chavez; J. Noguera. 2003. The effect of age at the first mating and herd size on the lifetime productivity of sows. *Anim. Res.* 52: 49–64.
- Barbosa, L.; P. Lopes; A. Regazzi; R. de Almeida; M. Santana; R. Veroneze. 2010. Estimation of variance components, genetic parameters and genetic trends for litter size of swines. *R. Bras. Zootec.* 39: 2155-2159.
- Boldman, K.; L. Kriese; L. Van Vleck; C. Van Tassell; S. Kachman. 1995. *A manual for use of MTDFREML. A set of programs to obtain estimates of variance and covariances [Draft]*. U. S. Department of Agriculture, Agriculture Research Service. Lincoln, EUA. 114 p.
- Campos, J. 1999. *Melhoramento Genético Aplicado a la Produção Animal*. Fep. MVZ. Editorial Belo Horizonte. Belo Horizonte, Brasil. 493 p.
- Chen, T.; J. Baas, J. Mabry, K. Koehler; J. Dekkers. 2003. Genetic parameters and trends for litter traits in U.S. Yorkshire, Duroc, Hampshire, and Landrace pigs. *J. Anim. Sci.* 81: 46 – 53.
- Fernandes, F.; N. Laurino; G. Madeiros; V. Costa. 2008a. Estudos genéticos sobre a leitegada de suínos da raça Landrace criados no Rio Grande do Sul. *R. Bras. Zootec.* 37: 1601 – 1606.
- Fernandes, F.; N. Laurino; G. Madeiros; V. Costa. 2008b. Estudos genéticos sobre a leitegada de suínos da raça Large White criados no Rio Grande do Sul. *R. Bras. Zootec.* 37: 1959 – 1964.
- Galíndez, R. 2004. *Sobrevivencia de lechones y tamaño de camada hasta el destete de dos granjas comerciales*. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía y Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 83 p.
- Galíndez, R.; G. Martínez; O. Verde. 2011. Análisis genético de acumulados de lechones nacidos vivos y de pesos de camadas al nacer en cerdas de una granja comercial. *LRRD* 23: artículo 213. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd23/10/gali23213.htm>. [Consultado: 05 agosto 2012].
- Hanenberg, E.; E. Knol; J. Merks. 2001. Estimates of genetics parameters for reproduction traits at different parities in Dutch Landrace pigs. *Livest. Prod. Sci.* 69: 179 - 186.
- Hudson, G.; L. Van Vleck. 1981. Relationship between production and stayability in Holstein cattle. *J. Dairy Sci.* 64: 2246 – 2250.
- Kasprzyk, A. 2007. Estimates of genetic parameters and genetic gain for reproductive traits in the herd of Polish Landrace sows for the period of 25 years of the breeding work. *Arch. Tierz. Dumm.* 50 (Special Issue): 116-124.
- Littell, R.; G. Milliken, W. Stroup; R. Freud. 2002. *SAS for Linear Models*. 4th ed. SAS Institute Inc. Cary, EUA. 633 p.
- Moeller, S.; R. Goodwin; R. Johnson; J. Mabry; T. Baas; O. Robison. 2004. The national pork producers council maternal line national genetic evaluation program: A comparison of six maternal genetic lines for female productivity measures over four parities. *J. Anim. Sci.* 82:41-53.
- Morris, J.; J. Hurnik; R. Friendship; N. Evans. 1998. The effect of the Hurnik-Morris (HM) system on sow reproduction, attrition, and longevity. *J. Anim. Sci.* 76:2759-2762.

- Radojkovic, D.; M. Petrovic; M. Mijatovic. 2005. Estimation of genetic variability of fertility traits of pigs. *Biotech. Anim. Husb.* 21: 93 – 97.
- Rodríguez-Zas, S.; B. Southey; R.Knox; J. Connor; J. Lowe; B. Roskamp. 2007. Bioeconomic evaluation of sow longevity and profitability. *J. Anim. Sci.* 81:2915-2922.
- Serenius, T.; K. Stalder. 2004. Genetics of length of productive life and lifetime prolificacy in the Finnish Landrace and Large White pig populations. *J. Anim. Sci.* 82:3111-3117.
- Searle, S.; R. Casella; C. McCulloch. 1992. *Variance Components*. Jhon Wiley & Sons, Inc. New York, EUA. 474 p.
- Spiegel, M. 1991. *Estadística*. 2^{da} edición. McGraw – Hill/ Interamericana de México, S. A. D.F. México. 556 p.
- Steel, R.; J. Torrie; D. Dickey. 1997. *Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach*. 3th McGraw – Hill. New York EUA. 666 p.
- Tanaka, Y.; Y. Koketsu. 2008. Lactational performance for improving postweaning reproductive performance and lifetime performance on swine commercial farms. *J. Vet. Med. Sci.* 70: 71–75.