

ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN GENÉTICA Y AMBIENTAL EN UNA POBLACIÓN DE CERDOS CRUZADOS: II. ÍNDICES DE HERENCIA¹

M.V.Z ANTONIO RIVERA M²
M.V.Z., M.S., Ph. D. JOSÉ M. BERRUECOS³

Resumen

Se analizaron los datos provenientes de 157 carnadas de hembras cruzadas y 23 sementales Duroc en una granja comercial situada en Los Mochis, Sinaloa. La información incluye pesos individuales y totales y número de lechones, al nacer, destete y a los 140 días, así como grasa dorsal (a 70 kg) y ganancia diaria. Se evaluaron efectos conocidos como mes, sexo y parto de la hembra, encontrándose menor producción en los meses calurosos y un incremento en la productividad al aumentar el parto de la hembra. No hubo efecto de sexo.

Se presentan los valores para los Índices de herencia en las características estudiadas. Los resultados sugieren el uso del peso promedio al destete y la ganancia diaria total para un programa de selección integral.

La utilización de cerdos cruzados en la producción porcina comercial ha ido aumentando en forma tal que en la actualidad, un gran porcentaje de los animales para abasto son de este tipo. En los E.U.A., se ha calculado que un 95% de los cerdos para el rastro son cruzados (Dillard y Robison, 1967).

Sin embargo, la información con relación al comportamiento de los animales cruzados, es muy escasa. Desde el punto de vista de selección, es importante conocer el valor de la variación aditiva, ya que es sobre la cual se pueden programar y predecir respuestas a esquemas de mejoramiento (Falconer, 1960). La forma de expresar la variación aditiva en relación con la variación fenotípica se conoce como índice de herencia o heredabilidad (Lush, 1945). Los estimadores del índice de herencia permite, dentro de ciertos límites, predecir la respuesta a la selección, desarrollar programas genéticos para el mejoramiento del hato y ayudar a hacer una mejor estimación del valor genético del animal.

Considerando que en nuestro medio, existen diferencias en el componente ambiental así

como la heterogenidad racial de nuestros animales, los índices de herencia deben estimarse en el medio y con los animales que se pretende usar. El propósito de este trabajo es evaluar la importancia de los factores genéticos y ambientales en una explotación porcina comercial y estimar los índices de herencia que permitan integrar programas genéticos.

Material y métodos

La información proviene de una granja comercial situada en Los Mochis, Sin. Se han utilizado los datos de 157 carnadas de hembras cruzadas y 23 sementales Duroc, durante un período comprendido entre 1970 y 1971. La información con que se cuenta para cada cerdo es: peso al nacer, al destete, a los 150 días de edad, y grasa dorsal ajustada a 70 kg. Las determinaciones se indican en forma más amplia en un trabajo anterior (Rivera y Berruecos, 1973).

Con estos datos, se realizó un estudio previo con objeto de determinar la importancia de la raza, sexo y estación o mes del año en las variables mencionadas, utilizando la técnica de mínimos cuadrados y el método de eliminación por retroceso (Draper y Smith, 1967). Finalmente, se obtuvieron las variaciones genéticas y ambientales con objeto de calcular los índices de herencia, de acuerdo con los métodos sugeridos por Dickerson (1959).

Recibido para su publicación el 18 de septiembre de 1973.

¹ Tesis profesional de la F.M.V.Z., U.N.A.M., del primer autor.

² Dirección actual: Puebla No. 11 Sur, Ciudad Obregón, Son.

³ Departamento de Genética Animal, I.N.I.P., S.A.G., Km. 15.5 Carr. México-Toluca. Palo Alto, México, D. F.

Resultados y discusión

Los promedios con sus desviaciones estándar, así como las correlaciones fenotípicas, entre las diferentes variables obtenidas, han sido objeto de una publicación previa (Riviera y Berruecos, 1973).

Se analizaron los datos a través del método de mínimos cuadrados con el fin de determinar el modelo matemático que explique mejor la asociación y que indique la cuantía en el cambio esperado en la variable dependiente, al cambiar una unidad de la variable independiente.

En todos los casos, se probaron modelos que incluían algunos efectos conocidos como: mes o estación del nacimiento, sexo del animal, parto y parto al cuadrado. En ningún modelo el sexo mostró significancia y el efecto de estación fue de la misma magnitud (en términos del coeficiente de determinación múltiple) que el de mes.

Con estas consideraciones, en el análisis posterior se incluyó al mes y cuando fue significativo, al parto y al parto al cuadrado. Con los modelos analizados se han preparado los cuadros 1, 2 y 3, escogiendo a aquellos modelos que presentan el mayor coeficiente de determinación múltiple (R^2). Se han dejado las covariables significativas y se han ajustado los valores mensuales a la covariable. En estos cuadros (1, 2 y 3) se indica a qué modelo corresponde y, además, se incluye el valor del coeficiente de regresión (β), el cual podrá ser usado en ajuste y predicción. El valor de la significancia del efecto del mes indica si después de la correlación realizada, aún existe dicho efecto.

Salvo en algunas excepciones (Cuadro 1: NNV-III, NNV-TT, PPN-V, PGDC-XVII), el efecto del mes persiste aún después de ajustar a las covariables. En los casos en que desaparece, esto puede deberse a que en las correlaciones por covarianza van confundidos con el efecto del mes. Por ejemplo, en el modelo NNV-III, al corregir el número de nacidos vivos por el número total de nacidos, y considerando que el número total varía conforme a los meses, el efecto del mes desaparece por estar incluido en la corrección.

Es importante hacer notar las covariables que se incluyen, pues son aquellas que afectan el valor de la variable dependiente en forma

significativa. El grado o la magnitud en que afectan, está dado por el valor del coeficiente de regresión.

Analizando estas covariables se nota lo siguiente :

1. En el Cuadro 1:

- a) Número de nacidos vivos: aumenta al incrementar el número total y el peso total promedio, aunque se reduce al aumentar el peso promedio por lechón. El efecto del mes indica un aumento en los meses cuya estación climática es fría.
- b) Número de nacidos muertos: se incrementa al aumentar: el número de nacidos en total. El efecto del mes se confunde con el incremento que hay en el número total en el mes 1, lo que no ocurre en los meses calurosos (4 y 5), en los que, además de reducir el número total, aumenta la cantidad de nacidos muertos.
- c) Número total de nacidos: presenta un efecto de parto y aumenta al incrementarse el número de vivos, debiéndose esto a la estrecha relación que guardan estas dos variables. También muestra un incremento al reducirse el peso promedio por lechón, lo que es de esperarse, ya que al aumentar el número de lechones disminuyen en su peso individual. El efecto de mes se hace patente en el mes 4.
- d) Peso promedio al nacer: es similar durante los meses y sólo se relaciona con el peso total de la carnada.
- e) Peso promedio final: se encuentra afectado por el número de nacidos vivos y el peso total de la carnada al nacer, tal vez por el efecto indirecto sobre el número al final. Las medidas de peso total final, promedio de ganancia diaria y grasa dorsal lógicamente están relacionados. El peso final se muestra reducido durante los meses calurosos.
- f) Promedio de ganancia diaria en la carnada: al igual que la grasa promedio por carnada se encuentran afectadas por las relaciones entre ellas.

CUADRO I

Promedios mensuales de las variables dependientes ajustadas a las covariables significativas

Variable dependiente	Modelo	1	2	4	M E S	10	11	12	Covariable (1)	Valor de β	Significancia (2)
NNV	III	9.77	10.31	10.63	10.10	9.98	10.21	10.28	NNT	0.81	NS
	V	10.22	10.16	9.63	9.78	10.20	10.15	10.46	PTN	0.35	NS
	VI	11.17	10.63	9.80	9.72	9.20	9.72	9.70	PPN	-1.79	**
NNM	III	0.90	0.20	0.54	0.34	0.45	0.24	0.14	NNT	0.08	**
	V	1.17	0.28	0.47	0.28	0.28	0.17	0.00	PTN	-0.06	**
NNT	II	11.19	10.36	9.75	10.41	10.51	10.33	10.21	NNV	0.97	**
	VI	12.25	10.90	9.47	10.04	9.48	9.87	9.77	PPN	-2.48	**
	VII	11.93	10.67	9.35	9.57	10.28	10.17	9.92	PARTO	0.48	**
PPN	V	1.34	1.38	1.37	1.38	1.22	1.26	1.35	PTN	0.33	NS
PPF	II	70.09	66.90	65.45	58.74	71.78	69.95	69.03	NNV	0.44	**
	V	69.41	66.61	65.15	58.68	72.21	70.17	69.75	PTN	0.46	**
	XVIII	68.25	66.89	65.55	60.34	70.95	69.30	70.11	PTF	0.02	**
PGDC	XXX	68.51	63.50	69.96	64.91	64.84	64.35	69.35	PGD	28.49	**
	XXXI	69.76	65.32	65.26	59.28	69.32	68.66	71.23	GPC	31.17	**
	XXXII	68.95	66.84	70.43	64.90	65.90	64.82	67.71	PGD	36.35	**
GPC	XVII	68.03	67.39	66.72	65.78	66.66	68.93	67.68	PPF	0.84	NS
	XXXI	69.77	64.75	65.18	59.74	67.22	69.46	72.74	PGD	54.91	**
	XXXII	68.94	67.10	71.70	66.62	63.41	64.92	67.71	PGD	43.12	**
GPC	XVII	0.95	0.94	0.80	0.81	1.06	1.06	0.95	PPF	0.007	**
	XVIII	0.96	0.94	0.78	0.76	1.09	1.07	0.98	PTF	0.0002	**
	XXXI	0.97	0.93	0.78	0.75	1.08	1.07	0.98	PGD	0.25	**

(1)

NNV = Número de nacidos vivos.
 NNM = Número nacidos muertos.
 NNT = Número nacidos total.
 PPN = Peso promedio al nacer.
 PTN = Peso total al nacer.
 ND = Número al destete.
 PTD = Peso total destete.
 PPD = Peso promedio al destete.
 DD = Dias al destete.
 NF = Número final.

PTF = Peso total al final.
 PPF = Peso promedio final.
 DF = Dias al final.
 PGDC = Promedio ganancia diaria por camada.
 GPC = Grasa promedio en la camada.

(2)

** = P < 0.01
 * = P < 0.05
 NS = No significativo

CUADRO 2

Promedios mensuales de las variables dependientes ajustadas a las covariables significativas

Variable dependiente	Modelo	1	2	4	M E S	10	11	12	Covariable (1)	Valor de β	Significancia (2)
PTN	III	13.87	12.90	12.99	11.89	10.79	11.41	10.36	Parto	2.06	**
									Parto ²	-0.32	
ND	V	14.04	12.60	12.46	11.56	11.60	11.76	10.38	NNT	0.34	**
									Parto	2.57	
									Parto ²	-0.04	
									PPN	5.03	*
PTD	II	9.60	9.50	9.23	8.84	9.19	9.01	8.58	NNV	0.700	
									Parto	-0.12	
									Parto ²	0.58	
									NNV	8.70	**
NF	IX	8.95	8.46	9.19	9.10	9.19	8.88	8.48	Parto	-1.31	
									Parto ²	3.90	**
									Parto	0.432	
									Parto ²	-0.07	
PTF	VII	653.31	567.00	597.91	531.38	645.95	628.58	572.96	ND	0.15	
									PTD	0.02	
									Parto	36.43	**
									Parto ²	-5.58	
								ND	54.91		

(1) PTN = Peso total al nacer.

ND = Número al destete.

PTD = Peso total al destete.

NF = Número al final.

PTF = Peso total al final.

NNT = Nacimiento total.

PPN = Peso promedio al nacer.

NNV = Nacidos vivos.

(2) Significancia del efecto de mes, una vez ajustado por la covariable:

** P<0.01

* P<0.05

NS = No significativo.

2. En las variables del Cuadro 2, además de efecto del parto, se notan:
 - a) En peso total al nacer, los efectos de peso promedio y número de lechones.
 - b) En número y peso total de la carnada al destete, el efecto del número de lechones vivos al parto.
 - c) En número al final, el número y peso total al destete.
 - d) En el peso total al final, el número al destete.
3. En el Cuadro 3, utilizando la información individual se encuentra:
 - a) Para el peso al nacer, las reducciones debidas a número total o al número de vivos en la carnada.
 - b) Y entre peso final, promedio de ganancia diaria y grasa individual, las relaciones entre ellas.

Con la información individual y por carnada, se realizaron una serie de análisis de varianza jerárquicos, con la idea de obtener los componentes correspondientes al semental y al error. Con ello, y de acuerdo con Dickerson (1959), se puede estimar la variación genética (a partir del componente del semental) y la variación ambiental o error.

La esperanza matemática de los análisis jerárquicos se muestra en el Cuadro 4 para la información por carnada e individual y en el Cuadro 5 se incluyen los valores de los componentes del semental y del error, así como el cuadrado medio del semental, información necesaria para el cálculo de los índices de herencia y de sus errores estándar. En el Cuadro 6 se muestran los valores de los diferentes índices calculados. Aquí se indican también los valores encontrados en la bibliografía (Berruecos, 1972) para su discusión.

Al compararse los resultados obtenidos con los encontrados en la bibliografía (Cuadro 6) se nota que los índices de herencia para número al nacer, destete y final, son bajos, así como los encontrados para pesos al destete y

al final. Hay discrepancia en los resultados para peso promedio y peso individual al nacer, encontrándose en nuestro estudio valores superiores a los mencionados por otros autores. En forma similar, nuestros valores para peso individual final, así como las mediciones de grasa, muestran índices de herencia menores. El promedio de ganancia diaria da valores parecidos en relación a otros trabajos.

Las diferencias encontradas pueden ser indicativas de las distintas constituciones genéticas, ya que el material experimental fue híbrido, o bien, de las diferencias en medio ambiente. Louca y Robison (1967) encontraron reducciones en el índice de herencia al estudiarlos en cerdos cruzados, siendo debido posiblemente a un efecto de sobredominancia. Esto podría explicar las reducciones encontradas. Para el caso de los incrementos en los índices, sólo se puede pensar en fluctuaciones al azar como explicaciones lógicas.

De las variables estudiadas y dados los índices de herencia encontrados, es recomendable usar en programas de selección el peso promedio al destete y la ganancia diaria, por ser características que son susceptibles al mejoramiento genético.

Conclusiones

Se encontró un incremento en el número de lechones al aumentar el número de partos, por lo cual, al utilizar esta variable, había que corregirla al efecto de parto o edad de la madre. No se encontró efecto de parto en otras variables.

El peso promedio al destete es un índice de la productividad de la madre, ya que en él se incluyen el número y peso total de la carnada. Dado su índice de herencia, es una característica que deberá emplearse en programas genéticos. En forma similar, el promedio de ganancia diaria hasta la finalización, presenta un índice de herencia que sugiere su incorporación en programas de selección.

Agradecimiento

Los autores agradecen a la Granja Santa Rosa, S. A., así como a los doctores Francisco Pérez Hernández y Eduardo Rivera Cruz, la colaboración brindada para la realización de este trabajo.

CUADRO 3

Promedios mensuales de las variables dependientes ajustados a las variables significativas

Variable dependiente	Modelo	1	2	4	M E S	10	11	12	Covariable (1)	Valor de β	Significancia (2)
PN	II	1.47	1.42	1.37	1.35	1.17	1.25	1.32	NNV	-0.02	**
	III	1.48	1.42	1.36	1.34	1.17	1.24	1.31	NNT	-0.02	**
PF	VII	68.73	68.02	66.86	67.29	69.66	68.46	65.99	DF	0.43	**
	VIII	69.95	69.64	71.05	67.61	65.34	67.58	63.42	DF	0.14	
PGD									GIP	29.29	
	VIII	0.42	0.42	0.42	0.40	0.39	0.41	0.39	DF	-0.002	**
GIP	XIX	0.42	0.44	0.42	0.42	0.41	0.44	0.33	GIP	0.17	**
	VI	1.002	0.96	0.77	0.79	1.17	1.17	0.92	DF	0.003	**

(1) PN = Peso al nacer.

PF = Peso al final.

PGD = Promedio ganancia diaria.

GIP = Grasa individual promedio.

NNV = Número nacidos vivos.

NNT = Número nacidos total.

DF = Días al final.

(2) Significancia del efecto de mes, una vez ajustado por la covariable;

** P<0.01

* P<0.05

NS = No significativo.

CUADRO 4
Esperanza matemática en los análisis de varianza jerárquica

I n f o r m a c i ó n p o r c a m a d a			I n f o r m a c i ó n i n d i v i d u a l		
Fuente de variación	Grados de libertad	Esperanza de los cuadrados medios	Fuente de variación	Grados de libertad	Esperanza de los cuadrados medios
Estación	2	$\sigma^2 + 5.61\sigma_s^2 + 47.08\sigma_e^2$	Estación	3	$\sigma^2 + 16.76 \sigma_s^2 + 230.98\sigma_e^2$
Semental	28	$\sigma^2 + 4.57\sigma_s^2$	Semental	75	$\sigma^2 + 17.43\sigma_s^2$
Error	114	σ^2	Error	1,311	σ^2
Total	144		Total	1,389	

Summary

Data of 157 litters from hybrid females with 23 Duroc boars were obtained in a comercial

farm at Los Mochis, Sinaloa. Information includes individual and total weight and litter size at birth, weaning and 140 days of age, backfat thickness (at 70 kg) and average

CUADRO 5
Datos para el cálculo de los índices de herencias y sus errores estándar:
Componente del semental, del error y cuadrados medios del semental.

Variable	Componente del semental	Componente del error	Cuadrados medios del semental
Número de nacidos			
Total	-0.71	5.77	2.53
Vivos	-0.53	4.54	2.13
Muertos	0.02	0.61	0.71
Peso al nacer			
Total	0.06	7.72	8.00
Promedio	0.003	0.03	0.04
Individual	0.01	0.04	0.23
Número al destete			
Total	0.33	3.16	1.65
Peso al destete			
Total	-7.81	360.67	324.98
Promedio	0.08	1.34	1.68
Número final	-0.23	3.55	2.50
Peso al final			
Total	-0.21	0.20	0.19
Promedio	-0.54	34.29	31.80
Individual	6.97	0.88	209.44
Prom. ganancia diaria			
Carnada	-0.91	79.78	75.63
Individual	0.002	0.003	0.03
Grasa dorsal			
Carnada	0.0002	0.007	0.008
Individual	0.001	0.03	0.04

CUADRO 6
Índices de herencia y sus errores estándar, de las características analizadas

Variable	Índice de herencia ± error estándar	Valores indicados en la Bibliografía*		
		Valor modal	Valor promedio	Escala
Número de nacidos				
Total	0**	0.15	0.158	Bajo
Vivos	0**	0.15	0.130	Bajo
Muertos	0.13 ± .26	—	—	—
Peso al nacer				
Total	0.03 ± .24	0.22	0.129	Bajo
Promedio	0.36 ± .27	—	—	—
Individual	0.48 ± .14	—	0.140	Bajo
Número al destete	0**	0.18	0.165	Bajo
Peso al destete				í
Total	0**	0.14	0.173	Bajo
Promedio	0.23 ± .28	0.15	0.126	Bajo
Número al final	0**	0.08	0.122	Bajo
Peso al final				
Total	0**	—	—	—
Promedio	0**	—	—	—
Individual	0.11 ± 0.05	0.39	0.270	Medio
Prom. ganancia diaria				
Carnada	0**	—	—	—
Individual	0.24 ± 0.08	—	0.210	Medio
Grasa dorsal				
Carnada	0.12 ± .26	—	—	—
Individual	0.05 ± .02	0.43	0.415	Alto

* Berruecos, 1972.

** Componente del semental, negativo.

daily gain. Some effects like month of birth, sex and age of dam. were analysed previously, showing less productivity during the warm months and an increase in the production traits as age of dam ulereases. No sex effect was found.

The heritability values for all traits in the study were obtained and suggest the use of average weaning weight and life time average daily gain as variables to be included in a selection program.

Literatura citada

BERRUECOS, J. M., 1972, Mejoramiento genético del cerdo, *Ed. Arana*, México, D. F.
DICKERSON, G. E., 1959, Research in quantitative animal gentic, en: *Techniques and procedures*

in Animal Research, *Am. Soc. of Animal Production*, Q. Corporation, Albany, New York, 56: 105.

DILLARD, E. U. and O. W. ROBISON, 1967, Cross-breeding swine for commercial production, *N.C. S. U. Agr. Exp. Sta. Bull*, 432.

DRAPER, N. and H. SMITH, 1967, Applied regression analysis, *John Wiley & Son*, New York.

FALCONER, F. S., 1960, Introducción to quantitative genetics, *The Ronald Press Co.*, New York.

LOUCA, A. and O. W. ROBISON, 1967, Components of variance and covariance in purebred and crossbred swine, *J. Anim. Sci*, 26:267-273.

LUSH, J. L., 1945, Animal breeding plans, 3rd. Ed. *Collegiate Press Inc. Iowa College*, Ames, Iowa.

RIVERA, A. y J. M. BERRUECOS, 1973, Análisis de la variación genética y ambiental en una población de cerdos cruzados. I. Correlaciones fenotípicas, *Téc. Pec. en Méx.*, no. 24 (en prensa).