

Componentes genéticos de los rasgos de prolificidad y mortalidad al nacer en un cruce dialélico entre cinco razas de conejos

Yoleisy García¹, Raquel E. Ponce de León¹, Á. A. Mastache² y Gladys S. Guzmán¹

¹Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

²Centro de Estudios Profesionales. CSAEGRO. Av. Vicente Guerrero. No. 81. Iguala, Guerrero, México

Correo electrónico: yoleisyg@ica.co.cu

Se emplearon 520 observaciones reproductivas de un experimento dialélico balanceado entre cinco razas de conejos: California (C), Caoba (Cao), Chinchilla (Ch), Nueva Zelanda (N) y Semigigante (S) para determinar el efecto del cruce y de los componentes genéticos de capacidad combinatoria general (CCG) y específica (CCE), efectos maternos (EM) y recíprocos (ER) de los 20 cruces F1 resultantes, para los rasgos nacidos totales (NT), nacidos vivos (NV) y mortalidad al nacer (MORTN). El experimento se realizó entre mayo de 2003 y abril de 2004. En el análisis estadístico se aplicaron los procedimientos GLM (Modelo Lineal General) e IML (Lenguaje Interactivo de Matrices) del SAS (2007). El primero se utilizó para determinar el efecto del cruce, y el segundo para estimar los mejores predictores lineales insesgados (MPLI) de los diferentes componentes genéticos a través del modelo del diseño 3 de Griffing (1956a). Los componentes de varianza se determinaron mediante el método III de Henderson, pero todos resultaron muy bajos y cercanos a 0. El cruce influyó en los NT y MORTN, mientras que de los componentes genéticos solo la CCG tuvo efecto significativo en este último rasgo. Los mejores cruces específicos para NT son el S.Ch y el Cao. S, con seis gazapos, que superaron a N. Cao, N.Ch y Ch. N (5.8 gazapos). Se explota la mejor CCG por el uso de la raza Nueva Zelanda para disminuir la mortalidad al nacer y en concordancia las mayores ventajas se alcanzan con los cruces específicos N.C y N. Cao. Sin embargo, la varianza genética no aditiva no fue significativa para este rasgo, debido a la semejanza de las razas utilizadas.

Palabras clave: *cruce dialélico, conejos, componentes genéticos, MPLI*

Los cruces dialélicos constituyen un procedimiento estándar de investigación en la genética de plantas y animales (Martínez 1975). Han sido utilizados, fundamentalmente, para obtener información variada de la población parental y evaluar diferentes aspectos genéticos del comportamiento de los progenitores en sus varias combinaciones.

Este procedimiento resulta importante en la toma de decisiones objetivas en los diferentes programas de mejora, a partir de la identificación de genotipos superiores y cruces o combinaciones prometedoras (Ramos *et al.* 2006). Es por ello que varios autores (Dickerson 1993, Ghosh y Das 2004 y Lessa de Assis *et al.* 2004) coinciden en considerarlo un método eficaz para evaluar el potencial genético y heterótico de las diferentes razas o líneas.

Estos diseños dialélicos han sido utilizados en la especie cunicula por Afifi y Emara (1990), Afifi y Khalil (1992) y Rubio *et al.* (2004), entre otros autores. Específicamente en Cuba, lo han aplicado Ponce de León y Menchaca (1974) y Ponce de León (1977). Después de treinta años de haberse utilizado en nuestro país, se repite un experimento dialélico en esta especie. Este ofrece toda la información para evaluar los componentes genéticos de prolificidad y mortalidad al nacer en un cruce dialélico parcial entre cinco razas cuniculas, y para identificar las mejores combinaciones F1, objetivo de este trabajo.

Materiales y Métodos

Se empleó la información reproductiva (520

observaciones) resultante de un experimento dialélico 5 x 5, con ausencia de las razas puras entre las razas de conejo California (C), Caoba (Cao), Chinchilla (Ch), Nueva Zelanda (N) y Semigigante (S), descritas por Ponce de León *et al.* (1997). El experimento se desarrolló en el período de mayo de 2003 a abril de 2004 en las instalaciones de la Unidad Cunicula Genética “26 de julio” de San José de las Lajas, perteneciente a la Empresa de Ganado Menor (EGAME).

Los reproductores se eligieron por cumplir con las características fenotípicas de la raza. En el caso de las hembras multíparas, por tener parámetros normales de fecundidad y prolificidad (Riverón *et al.* 2003), y en las hembras jóvenes por su buen estado físico.

Del rebaño básico pie de cría racial, como representantes del genofondo racial en estudio que se encuentra en esta unidad cunicula, se seleccionaron 48 reproductoras y 16 sementales de cada raza pura, más 10 % de animales como reemplazo, para un total de 260 reproductoras y 80 sementales. Esto constituyó una población base lo suficientemente amplia para desarrollar el experimento.

Para cumplir con lo establecido para este diseño dialélico por ausencia de los apareamientos entre las razas puras, las hembras de cada raza se dividieron en cuatro grupos de apareamiento, para ser cubiertas con sementales de las otras cuatro razas restantes. Estos cuatro grupos se distribuyeron de forma aleatoria en la nave. Cada una de las 12 reproductoras de cada grupo racial se apareó a un semental diferente (12 sementales de los 16 disponibles de cada raza), por lo que cada

semental tuvo asignadas 3-4 hembras, cada una de ellas de razas diferentes, con el objetivo de maximizar la variabilidad genética. Se asignó un semental para realizar los primeros dos partos. Los siguientes (terceros y cuartos) se realizaron con sementales de otra raza para tener una representatividad de la paridad, y no se afectaran los resultados por este efecto.

La monta fue natural y se realizó a partir de los 11 d posparto, en horas tempranas de la mañana, una vez que fue verificado el estado de celo de la reproductora. Se realizó la palpación para verificar la gestación a los 14-15 d posmonta. En las jaulas se colocaron nidos de madera con cama de viruta, tres días antes del parto. El día del parto se contaron los animales vivos y los que se encontraron muertos en el momento de la detección del parto, cuya suma se consideró la camada total.

Los animales consumieron pienso comercial en forma de harina (17-18 % de proteína bruta, 10-10.8 MJ de energía digestible y 10-11 % de fibra bruta), el cual se mezcló con salvado de trigo en el momento de la oferta. El suministro se realizó en cuantía que representara, aproximadamente, 70 % del requerimiento, según categoría (Lebas *et al.* 1986). De forma adicional, se ofertó forraje de gramíneas a voluntad, fundamentalmente King grass (*Pennisetum purpureum*).

Para la depuración y procesamiento estadístico de la información, se utilizó el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS) para Windows, versión 9.1.3 del año 2007. Como se disponía de diferentes números de observaciones por cruce (datos desbalanceados) y la metodología a emplear estaba diseñada para datos balanceados, se procedió a la conversión de los datos experimentales de desbalanceados a balanceados, con ayuda de este paquete. Para esto se determinó el menor número de repetición por cruce, que resultó ser 26, y a partir de esta cifra se igualó el número de observaciones para el resto de los cruces. Se utilizaron las primeras 26 observaciones para cada cruce, para un total de 520 registros.

En el análisis estadístico se emplearon los procedimientos GLM (Modelo Lineal General) e IML (Lenguaje Interactivo de Matrices) de este programa. El primero se utilizó para determinar el efecto del cruce. El segundo, para estimar los parámetros genéticos de capacidad combinatoria general (CCG) y específica (CCE), efectos maternos (EM) y recíprocos (ER), componentes de varianza, para los 20 cruces F1 resultantes del experimento dialélico, rasgos de prolificidad al nacer, así como nacidos totales (NT), nacidos vivos (NV) y mortalidad al nacer (MORTN). Los datos se ajustaron para el efecto ambiental del mes de parto ordenado cronológicamente, según la opción Predicted del GLM.

Para determinar el efecto del cruce específico, se utilizó un modelo lineal de efectos fijos, mientras que para evaluar la CCG, CCE, EM y ER se empleó el modelo propuesto por Griffing (1956 a y b) para el diseño 3, al cumplir este experimento con la presencia de efectos maternos conocidos y cruces recíprocos,

sin la presencia de los cruces entre razas puras, bajo la estructura de un diseño completamente al azar:

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + (m_i - m_j) + r_{ij} + e_{ijk}$$

Donde: Y_{ijk} = valor fenotípico del carácter en estudio para el cruce

μ = media general

g_i = efecto de la CCG de la línea i (línea materna)

g_j = efecto de la CCG de la línea j (línea paterna)

s_{ij} = efecto de la CCE entre las líneas ij con s_{ij}

s_{ji} , m_i y m_j representan los efectos maternos

r_{ij} = efecto recíproco, asociado a los progenitores i y j, tal que $r_{ij} = -r_{ji}$

e_{ijk} = error ambiental, asociado con las observaciones y se considera la capacidad combinatoria general (g) y específica (s), los efectos maternos (m) y recíprocos (r), además del error ambiental (e), como efectos aleatorios normales no correlacionados, dentro y entre ellos. Todos con media cero y varianzas (σ_g^2 , σ_s^2 , σ_m^2 , σ_r^2 y σ_e^2), respectivamente.

Se emplearon metodologías descritas por Mastache *et al.* (1998) y Mastache y Martínez (2003) para obtener los Mejores Predictores Lineales Inssegados (MPLI) de los componentes genéticos en experimentos dialélicos con efectos maternos, teniendo en cuenta que la metodología de MPLI se ha impuesto como el criterio que más exactamente identifica los animales genéticamente superiores, a partir de los registros de producción fenotípica del individuo. En estas metodologías se determinan los componentes de varianza para cada uno de los componentes genéticos, según el método III de Henderson (1953).

Resultados y Discusión

Efecto del cruce. Los resultados del análisis de varianza y los estadígrafos para los rasgos analizados se muestran en la tabla 1. El efecto del cruce mostró influencia en los rasgos nacidos totales y mortalidad. Las medias de nacidos totales y nacidos vivos exceden los 5.5 gazapos, por lo que la mortalidad al nacimiento fue inferior al 2 %.

En experimentos desarrollados en granjas genéticas comerciales de Cuba, en las condiciones ambientales tropicales y con alimentación mixta *ad libitum*, Ponce de León (1977) halló valores medios de 7.45 nacidos totales y 6.03 nacidos vivos en cruces con las mismas razas, exceptuando la Caoba, valores superiores a los alcanzados en este estudio. Sin embargo, Ponce de León *et al.* (2000), con alimentación mixta similar, pero restringida al 80 % en ocasiones, en condiciones tropicales informó medias de 5.81 gazapos nacidos totales, 5.66 nacidos vivos y una mortalidad al nacer de 2.58 %. Con respecto a estos datos, los resultados del presente estudio son superiores, en 0.10 NT y 0.21 NV, aunque la mortalidad al nacer fue, aproximadamente, 1% menor. Fayeye y Ayorinde (2008) en las condiciones tropicales de conejeras comerciales nigerianas también hallaron valores inferiores, en casi dos gazapos nacidos

Tabla 1. Análisis de varianza (cuadrados medios y significación) y estadígrafos de dispersión para los rasgos de prolificidad y mortalidad al nacer

	g.l.	Al nacer		
		Prolificidad NT (No.)	NV (No.)	Mortalidad MORTN (%)
Cruce	19.0	0.10*	0.07	0.99***
Error	500.0	0.06	0.05	0.26
R ²		0.06	0.05	0.12
Media general		5.92	5.85	1.63
Coef. de variación (%)		4.24	3.89	31.54
Desviación estándar		0.25	0.23	0.51

*P < 0.05 ***P < 0.01

totales y vivos, ya que oscilan entre 4 y 4.7.

En la tabla 2 se presentan las medias y errores estándar de cada uno de los cruces específicos, para los nacidos totales y la mortalidad al nacer. De los 20 cruces F1, se destacan el Semigigante X Chinchilla (S.Ch) y el Caoba X Semigigante (Cao.S) con los mayores promedios, seis gazapos nacidos totales. El cruce N. Cao mostró el menor promedio, con 0.2 gazapos menos que los dos anteriores. El resto de los cruces tuvo un comportamiento intermedio para este indicador.

Para la mortalidad se puede observar que los cruces N.C y N.Cao tuvieron ventajas para este rasgo, con los menores porcentajes de gazapos muertos al nacer, aunque los cruces Cao.C, Ch.N, N.Ch y N.S no difirieron de los mejores. La mayor mortalidad la presentó el cruce S.Ch, con aproximadamente 2 %. Los 13 cruces restantes no difirieron de este último, con mortalidades superiores a 1.6 %. De forma general, se puede plantear que los cruces que involucran la raza Nueva Zelanda disminuyen la cantidad de gazapos que mueren al nacer.

Tabla 2. Medias y error estándar del efecto de cruce para cada uno de los rasgos en estudio

Cruce	Prolificidad al nacer		Mortalidad al nacer
	NT (No.)	NV (No.)	MORTN (No.)
C.Cao	5.92 ^{abc}	5.85	1.75 ^{ab}
C.Ch	5.95 ^{abc}	5.87	1.62 ^{abcd}
C.N	5.96 ^{abc}	5.88	1.67 ^{abc}
C.S	5.92 ^{abc}	5.85	1.81 ^{ab}
Cao.C	5.85 ^{abc}	5.78	1.52 ^{bcde}
Cao.Ch	5.95 ^{abc}	5.88	1.83 ^{ab}
Cao.N	5.92 ^{abc}	5.85	1.62 ^{abcd}
Cao.S	6.00 ^a	5.91	1.82 ^{ab}
Ch.C	5.94 ^{abc}	5.86	1.76 ^{ab}
Ch.Cao	5.98 ^{ab}	5.90	1.79 ^{ab}
Ch.N	5.83 ^{bc}	5.77	1.38 ^{cde}
Ch.S	5.97 ^{abc}	5.89	1.68 ^{abc}
N.C	5.86 ^{abc}	5.80	1.27 ^e
N.Cao	5.80 ^c	5.75	1.24 ^e
N.Ch	5.83 ^{bc}	5.77	1.32 ^{de}
N.S	5.86 ^{abc}	5.79	1.55 ^{bcde}
S.C	5.92 ^{abc}	5.84	1.62 ^{abcd}
S.Cao	5.96 ^{abc}	5.88	1.67 ^{abc}
S.Ch	6.01 ^a	5.92	1.92 ^a
S.N	5.93 ^{abc}	5.85	1.74 ^{ab}
EE±	0.05	0.04	0.10

^{abcde} Valores en la columna con superíndices no coincidentes difieren significativamente; P < 0.05 (Duncan 1955).

Efecto de las combinabilidades y efectos maternos y recíprocos. El análisis de varianza para los rasgos de prolificidad y mortalidad al nacer (tabla 3) solo mostró influencia ($P < 0.05$) de la fuente de variación, capacidad combinatoria general para la mortalidad al nacer.

En Cuba, Ponce de León y Menchaca (1974) en un cruce dialélico completo entre las razas S, C, N y Ch hallaron resultados opuestos a los encontrados en este trabajo, al encontrar efectos significativos de la CCG para los rasgos NT y NV, y de los ER para los NT, en triples cruces. Al igual que en este trabajo, la CCE y los EM no influyeron en los rasgos en estudio, lo que se atribuyó a la semejanza entre las razas utilizadas, en lo que se refiere a peso y tamaño corporal adulto. Esto también pudo ocurrir por tratarse de las mismas razas.

Al igual que en este trabajo, Afifi y Emara (1990) en un dialélico entre razas locales y exóticas de Egipto, no encontraron diferencias significativas de la capacidad combinatoria general y específica, así como de los efectos recíprocos en los NT y NV. Los resultados alcanzados en este estudio difieren de lo informado por los autores citados, ya que estos hallaron influencia de los efectos maternos para los NT, y en nuestro caso el efecto materno no tuvo influencia en ninguno de los rasgos en estudio. Sin embargo, Rubio *et al.* (2004) hallaron efectos atribuibles a cada una de las fuentes aquí consideradas (CCG, CCE, EM y ER) en el tamaño de la camada al nacer (NT) en un cruce dialélico entre las razas California, Chinchilla, Nueva Zelanda y Criollo (CR, raza nativa), desarrollado

en la conejera experimental de Montecillo, México.

Los estimados de las diferentes componentes de varianza para cada uno de los rasgos en estudio tuvieron valores muy bajos y cercanos a 0. Solo la varianza de la capacidad combinatoria general ($\sigma^2\text{CCG}$) para el rasgo de mortalidad fue un poco más alta (0.01), pero igualmente cercana a 0. Las varianzas de los errores, para cada uno de los rasgos estudiados fueron mayores que el resto de los componentes de varianza estimados, sobre todo para la mortalidad al nacer, con 0.26.

La raza Nueva Zelanda manifestó el menor MPLI de CCG (tabla 4) para la mortalidad, por lo que tuvo el mejor comportamiento para este indicador. Este resultado sugiere la ventaja de utilizar esta raza como madre o padre, y así explotar los efectos genéticos aditivos para este carácter, cuando por lo regular este rasgo tiene la influencia de la capacidad combinatoria específica (CCE), ya que responde a los fenómenos de la heterosis o consanguinidad. En trabajos anteriores de García *et al.* (2010), con el mismo cruce dialélico, se halló heterosis muy baja para este indicador, lo que justifica que no se hayan encontrado efectos atribuibles a la CCE.

A pesar de que solo la CCG influyó en la mortalidad al nacer, en la tabla 5 se muestran los rangos de MPLI, estimados para el resto de los componentes genéticos (CCE, EM y ER), por ser la primera vez que se utiliza dicha metodología en este tipo de procesamiento, obteniéndose estos parámetros genéticos en la especie y en el país.

Tabla 3. Análisis de varianza (cuadrados medios y significación) para los rasgos de prolificidad y mortalidad al nacer

Fuentes de variación	g. l.	Al nacer		
		Prolificidad (No.)		Mortalidad (%)
		NT	NV	MORTN
Capacidad combinatoria general (CCG)	4.0	0.21	0.15	2.46*
Capacidad combinatoria específica (CCE)	5.0	0.10	0.07	0.41
Efectos maternos (EM)	4.0	0.08	0.06	1.07
Efectos recíprocos (ER)	6.0	0.03	0.02	0.44
Error	500.0	0.06	0.05	0.26

* $P < 0.05$

Tabla 4. Los mejores predictores lineales insesgados (MPLI) de la capacidad combinatoria general (CCG) para los rasgos en estudio

Raza de los progenitores	Prolificidad al nacer		Mortalidad al nacer
	NT (No.)	NV (No.)	MORTN (%)
California	-0.00	-0.00	0.00
Caoba	0.00	0.00	0.03
Chinchilla	0.01	0.01	0.04
N. Zelanda	-0.03	-0.02	-0.17*
Semigigante	0.02	0.01	0.11
EE±	0.001	0.001	0.01

* $P < 0.05$

Tabla 5. Rango de los mejores predictores lineales insesgados (MPLI) estimados para los parámetros genéticos de CCE, EM y ER para los rasgos estudiados

Componente genético	NT (No.)	NV (No.)	MORTN (%)
CCE	-0.03 – 0.01	-0.02 – 0.01	-0.05 – 0.04
EM	-0.01 – 0.01	-0.01 – 0.01	-0.06 – 0.04
ER	-0.02 – 0.05	-0.02 – 0.04	-0.05 – 0.04

A partir de los resultados descritos, se concluye que los mejores cruces para nacidos totales son el S.Ch y el Cao.S, con 6 gazapos. Se explota la mejor CCG por el uso de la raza Nueva Zelanda para disminuir la mortalidad al nacer. En concordancia, las mayores ventajas se alcanzan con los cruces específicos N.C y N.Cao. Sin embargo, la varianza genética no aditiva no fue significativa para este rasgo, debido a la semejanza de las razas utilizadas.

Agradecimientos

Se agradece la colaboración de la Empresa de Ganado Menor (EGAME) y de la Unidad Cunicula "26 de Julio" de San José de las Lajas, La Habana. Especialmente se reconoce la participación de las técnicas de genética y reproducción, por permitir el desarrollo de este trabajo experimental en sus instalaciones, y recoger los datos primarios, sin los cuales hubiera sido imposible obtener resultados.

Referencias

Afifi, E.A. & Emara, M.E. 1990. Analysis of litter size in rabbit in a diallel crossing scheme involving four local Egyptian and exotic breeds. *J. Appl. Rabbit Res.* 12:256

Afifi, E.A. & Khalil, M.H. 1992. Crossbreeding experiments of rabbit in Egypt: Síntesis of results and overview. En *Rabbit Production and Genetics in the Mediterranean Area. Serie A: Seminaires. Options Mediterraneennes.* 17:35

Dickerson, G.E. 1993. Evaluation of breeds and crosses of domestic animals. *Animal Production and Health Paper* 108. FAO. Rome. Italy. 47 p.

Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometrics* 11:1.

Fayeye, T.R. & Ayorinde, K.L. 2008. Effects of season, generation, number of mating, parity and doe number of teat on doe and litter birth characteristics in domestic rabbit. 9th World Rabbit Congress. Verona, Italy.

García, Y., Ponce de León, R.E. & Guzmán, G.S. 2010. Heterosis para rasgos de prolificidad, mortalidad y pesos al destete en un cruce dialélico completo entre 4 razas de conejos. IV Encuentro Internacional de Jóvenes Agropecuarios (INTERJOVEN 2010). La Habana. Cuba

Ghosh, H. & Das, A. 2004. Optimal diallel cross designs for the interval estimation of heredity. *Statistics & Probability Letters* 67:47

Griffing, B. 1956a. A generalized treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance. *Heredity* 10: 31

Griffing, B. 1956b. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biology Science* 9: 463

Henderson, C.R. 1953. Estimation of variance and covariance components. *Biometrics* 9:226

Lebas, F., Coudert, P., Rouvier, R. & de Rochambeau, H. 1986. El conejo. Cría y patología. Colección FAO: Producción y salud animal, No. 21. Roma. 278 p.

Lessa de Assis, G., Da Fonseca, R., Cruz, C.D. & Carneiro, J.M. 2004. Estimation of variances of the effects of incomplete diallels using a matrix approach. *Gen. Molecular Biol.* 27:409

Martínez, A. 1975. Diseño y análisis de los experimentos de cruces dialélicas. Escuela Nacional de Agricultura. Colegio de Postgraduados. Chapingo. México.

Mastache, A. A. & Martínez, A. 2003. Un algoritmo para el análisis, estimación y predicción en experimentos dialélicos balanceados. *Rev. Fitotec. Mex.* 26:191

Mastache, A. A., Martínez, A. & Castillo, A. 1998. Los mejores predictores lineales e insesgados (MPLI) en experimentos dialélicos parciales con efectos maternos. *Rev. Fitotec. Mex.* 21:171

Ponce de León, R. 1977. Fuentes genéticas de variación y heterosis de los caracteres maternos en cruces simples, triples y de 4 razas en conejos. Tesis Dr. ICA. La Habana

Ponce de León, R., Guzmán, G., Quesada, M.A.E., Mora, M. & Febles, M. 2000. Reproductive performance of four rabbit breeds with concentrate:forage diets in the subtropics. 7th World Rabbit Congress. Valencia. España.

Ponce de León, R. & Menchaca, D. 1974. Estudio de los factores genéticos de variación en un cruzamiento triple. 1er Congreso Mundial de Genética. Madrid, España.

Ponce de León, R., Pérez, J., Reynaldo, L., Riveron, S. & Elías, J. 1997. Manual del cunicultor. ACPA. SCCC. Secours Populaire Francais. p. 91.

Ramos, A.A., Piccinin, A., Martins, E.N., Wechsler, F.S., Goncalves, H.C., Jiménez, J.N., Mori, C. & Andrighetto, C. 2006. Studying the combining ability of economically important traits of quails by means of diallel crosses. Memory of 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. 07-17. Belo Horizonte. M.G. Brasil.

Riverón, S.H., Ponce de León, R., Reinaldo, L., Clavijo, A. & Clavijo, Y. 2003. Manejo y explotación del conejo. Cuba. ACPA. 175p.

Rubio, M., Torres, G., Martínez, A., Mastache, A.A. & Lagunas, M.G. 2004. Genetic components of litter performance in diallel cross involving four rabbit breeds. 8th World Rabbit Congress. Puebla. México.

SAS. 2007. User's guide statistics. SAS Institute, Inc.

Recibido: 12 de octubre de 2010