

NOTA CORTA [SHORT NOTE]

**EFFECTOS AMBIENTALES, GENÉTICOS DIRECTOS, MATERNO Y DE
HETEROSIS EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE DE CONEJAS NUEVA
ZELANDA BLANCO, CALIFORNIANA Y SUS CRUZAS RECÍPROCAS**

**[ENVIRONMENTAL, HETEROSIS, DIRECT GENETIC AND MATERNAL
EFFECTS ON MILK PRODUCTION OF NEW ZEALAND, CALIFORNIAN
RABBITS AND CROSSBRED DOES]**

**Benjamín Gómez-Ramos^{1*}, Carlos Miguel Becerril-Pérez², Glafiro Torres-
Hernández², Ruy Ortiz-Rodríguez¹, Arturo Pró-Martínez²
and José Herrera-Camacho³**

¹*Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-Universidad Michoacana
de San Nicolás de Hidalgo. Km 9.5 Carretera Morelia-Zinapécuaro.
Tarímbaro Michoacán, México. CP 58880. E-mail: roschberith@hotmail.com.*

²*Especialidad de Postgrado en Ganadería. Colegio de Postgraduados.
Montecillo, Estado de México.*

³*Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales- Universidad Michoacana
de San Nicolás de Hidalgo. Km 9.5 Carretera Morelia-Zinapécuaro.
Tarímbaro Michoacán, México. Email: josheca@hotmail.com*

**Corresponding author*

RESUMEN

Se utilizaron 2375 registros provenientes de 42 conejas Nueva Zelanda Blanco (NZB), 24 Californianas (CAL), 37 NZB x CAL y 37 CAL x NZB, apareadas con 22 machos (10 NZB y 12 CAL), para determinar los efectos ambientales (número de parto, estación de parto, número de pezones y estado de gestación), genéticos directos, maternos y de heterosis en la producción de leche (PL). Los datos se analizaron mediante la metodología de modelos mixtos. La estación de parto ($P \leq 0.05$), número de pezones ($P \leq 0.05$) y el estado de gestación ($P \leq 0.01$) influyeron en la PL con medias de 126.0 ± 5.0 g.d⁻¹, en enero-febrero; 140.0 ± 4.0 g.d⁻¹, marzo-abril; 139.0 ± 4.0 g.d⁻¹, mayo-junio; 147.0 ± 6.0 g.d⁻¹, julio-agosto. Para conejas con 8 pezones, 144.0 ± 4.0 g.d⁻¹; para conejas con 9 pezones, 131.0 ± 9.0 g.d⁻¹; para conejas con 10 pezones 131.0 ± 8.0 g.d⁻¹. 120.0 ± 5.0 g.d⁻¹ para conejas gestantes y 141.0 ± 5.0 g.d⁻¹ para vacías. Las covariables días de gestación y de lactancia estuvieron relacionadas con la PL ($P \leq 0.01$) en forma lineal, cuadrática y cúbica. El tamaño de camada estuvo relacionado ($P \leq 0.01$) sólo en forma lineal y cuadrática para PL. No se observaron diferencias ($P \geq 0.05$) entre grupos genéticos para PL.

Palabras clave: conejos, producción de leche, efectos ambientales.

SUMMARY

Data from 2375 records collected on 42 New Zealand White (NZW), 24 Californian (CAL), 37 NZW x CAL, and 37 CAL x NZW does, mates with 10 NZW and 12 CAL bucks were utilized to evaluate environmental effects (parity number, kidding season, number of teats and gestation status), heterosis, as well as direct additive and maternal additive on milk production (MP). The statistical analysis was performed using mixed model methodology. Kidding season ($P \leq 0.05$), number of teats ($P \leq 0.05$) and gestation status ($P \leq 0.01$) influenced MP. Least-square means for kidding season, number of teats and gestation status were 126.0 ± 5.0 g.d⁻¹, in January–February; 140.0 ± 4.0 g.d⁻¹, March–April; 139.0 ± 4.0 g.d⁻¹, May–June; 147.0 ± 6.0 g.d⁻¹, July–August. 144.0 ± 4.0 g.d⁻¹ for does with 8 teats was 131.0 ± 9.0 g.d⁻¹, for does with 9 teats; 131.0 ± 8.0 g.d⁻¹, for does with 10 teats, 120.0 ± 5.0 g.d⁻¹ for pregnant does, and 141.0 ± 5.0 g.d⁻¹ for empty does. Days in gestation and in lactation, as covariables, were related to MP ($P \leq 0.01$) in their linear, quadratic and cubic effects. Litter size was related to MP only in its linear and quadratic effect ($P \leq 0.01$). Differences for MP among genetic groups were not observed ($P \geq 0.05$).

Keys words: rabbits, milk production, environmental effects.

INTRODUCCIÓN

En el conejo los efectos maternos tienen una función importante en la supervivencia y crecimiento de la camada (Hardman *et al.*, 1970; Verga *et al.*, 1978). Una característica principal post-parto del comportamiento materno es la producción de leche (Harvey *et al.*, 1961; Lukefahr *et al.*, 1984; Khalil y Khalil, 1991). La producción de leche de la coneja está relacionada con la tasa de crecimiento predestete y la supervivencia del gazapo durante las primeras tres semanas de vida (Davies *et al.*, 1964; Lukefahr *et al.*, 1990; Khalil, 1994; Rommers *et al.*, 1999; Sorensen *et al.*, 2001).

Venge (1963), Cowie (1969), Lukefahr *et al.* (1981), McNitt y Moody (1990), McNitt y Lukefahr (1990) y Khalil (1999) observaron diferencias ($p < 0.01$) en la producción de leche entre conejas de diferentes razas y sus cruza. La variabilidad genética entre razas de animales es una oportunidad para incrementar la productividad de las conejas, debido a que pueden implementarse varios sistemas de cruzamiento entre razas (Rouvier, 1980; Malik, 1984; Nofal *et al.*, 1995).

Lukefahr *et al.* (1983), Khalil *et al.* (1986) y Afifi *et al.* (1989) consideran que la variabilidad genética existente entre razas y cruza de conejos para la producción de leche podría ser importante para maximizar el retorno bio-económico en las granjas comerciales. Además, podría ser factible obtener pie de cría para la producción comercial utilizando hembras cruzadas y aprovechar la posible heterosis materna para la producción de leche. El objetivo de este estudio fue evaluar la importancia de los efectos ambientales, genéticos directos, maternos y de heterosis para la producción de leche en un cruzamiento experimental que involucró conejas de las razas Nueva Zelanda Blanco y California.

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó con la información obtenida de 2375 registros de producción de leche (PL) provenientes de los cruzamientos de 140 hembras, 42 Nueva Zelanda Blanco (NZB), 24 Californiana (CAL), 37 NZB x CAL, 37 CAL x NZB apareadas con 22 machos (10 NZB y 12 CAL), en la granja cunícola El Tejocote en el Valle de México, a 19° 27' N y 98° 53' O, a una altitud de 2240 m, con una temperatura de 15 °C y precipitación media anual de 645 mm. El conejar tiene una dimensión de 10.7 x 20 m, con piso de concreto, sistema de drenaje, muros de tabique, techo de asbesto y una capacidad de 142 jaulas. Para disminuir los efectos negativos de la temperatura ambiente (entre 29 y 31°C de marzo a junio), sobre la producción de las conejas, se instaló un panel de poliuretano como material aislante entre el

techo y las jaulas, además se intensificaron las medidas de bioseguridad dentro del conejar. Las hembras y los machos fueron mantenidos en jaulas individuales (90 x 60 x 40 cm) con piso de alambre y paredes de lámina galvanizada distribuidas en módulos de 12 espacios, provistos con un sistema automático de distribución de agua. Se usó un alimento comercial granulado *ad libitum* que contenía al menos 15.5 % proteína cruda, 2 % grasa, 15 % fibra cruda, 9 % cenizas y 0.55 % fósforo total.

Las conejas se aparearon en las jaulas de los machos y se palparon 12 días después del apareamiento para determinar su condición de preñez, las no gestantes se presentaron aproximadamente a los tres días después de la palpación para cubrirse por el mismo macho. Las cubriciones se realizaron en dos días fijos de la semana (viernes y sábados) con un manejo reproductivo de banda semanal. Al día 25 de gestación se colocó el nido en la jaula de la hembra, el cual contenía papel periódico y azufre en polvo como desinfectante. Al parto se registraron el tamaño y peso de la camada. Las conejas se aparearon nuevamente 10 días después del parto. Los gazapos se destetaron a los 32 días de edad, fueron tatuados en una oreja y se transfirieron a jaulas de engorda. La producción de leche se midió durante ocho ocasiones del día 1 al 25 de lactación a intervalos de 3 ó 4 días, utilizando el método de pesar la camada antes y después del amamantamiento (Lukefahr *et al.*, 1983; McNitt y Lukefahr, 1990). A la coneja que se negó amamantar se le registró la producción de leche como cero. El plan de apareamientos permitió obtener la producción de leche de conejas NZB, CAL, CAL x NZB y NZB x CAL durante la misma época de parto. Para cada época de parto se tomaron en cuenta intervalos de dos meses. Los datos de producción de leche se analizaron utilizando la metodología de modelos mixtos bajo el siguiente modelo (Littell *et al.*, 1999):

$$y_{ijklmno} = \mu + C_{i(j)} + G_j + NP_k + (G*NP)_{jk} + EP_l + (G*EP)_{jl} + (NP*EP)_{kl} + (G*NP*EP)_{jkl} + NT_m + EG_n + \beta_1(X_{ijklmno1} - \bar{X}_1) + \beta_2(X_{ijklmno1} - \bar{X}_1)^2 + \beta_3(X_{ijklmno1} - \bar{X}_1)^3 + \beta_4(X_{ijklmno2} - \bar{X}_2) + \beta_5(X_{ijklmno2} - \bar{X}_2)^2 + \beta_6(X_{ijklmno2} - \bar{X}_2)^3 + \beta_7(X_{ijklmno3} - \bar{X}_3) + \beta_8(X_{ijklmno3} - \bar{X}_3)^2 + \beta_9(X_{ijklmno3} - \bar{X}_3)^3 + \epsilon_{ijklmno}$$

donde:

$y_{ijklmno}$ = producción de leche diaria de la i -ésima coneja del j -ésimo grupo genético, k -ésimo número de parto, l -ésima estación de parto, m -ésimo número de pezones y n -ésimo estado de gestación.

μ = constante que caracteriza a la población.

$C_{i(j)}$ = efecto aleatorio de la i -ésima coneja anidada en el j -ésimo grupo genético. $C_{i(j)} \sim \text{NID}(0, \sigma^2_c)$.

G_j = efecto fijo del j -ésimo grupo genético de la coneja ($j = 1, 2, 3, 4$).

NP_k = efecto fijo del k -ésimo número de parto ($k = 1, 2, 3$).

$(G*NP)_{jk}$ = efecto fijo de la interacción del j -ésimo grupo genético de la coneja con el k -ésimo número de parto.

EP_l = efecto fijo de la l -ésima época de parto ($l = 1, 2, 3, 4$).

$(G*EP)_{jl}$ = efecto fijo de interacción del j -ésimo grupo genético de la coneja con la l -ésima época de parto.

$(NP*EP)_{kl}$ = efecto fijo de la interacción del k -ésimo número de parto con la l -ésima época de parto.

$(G*NP*EP)_{jkl}$ = efecto fijo de la interacción del j -ésimo grupo genético de la coneja con el k -ésimo número de parto y la l -ésima época de parto.

NT_m = efecto fijo del m -ésimo número de pezones ($m = 8, 9, 10$).

Sólo se presentan resultados para efectos principales, debido a que las interacciones no fueron importantes ($P \geq 0.05$). El modelo genético y de estimación de los efectos de cruzamiento, heterosis, aditivos maternos y aditivos directos sobre la producción de leche se realizó de acuerdo a la teoría de Dickerson (1993). Este modelo genético permite derivar y seleccionar un conjunto de contrastes lineales estimables de dichos efectos de la manera siguiente:

Heterosis Directa ($g d^{-1}$):

$$H^i_{NZB \times CAL} = 1/2 [(NZB \times CAL + CAL \times NZB) - (NZB \times NZB + CAL \times CAL)]$$

Efectos Aditivos Maternos:

$$(G^m_{NZB} - G^m_{CAL}) = [(CAL \times NZB) - (NZB \times CAL)],$$

diferencia de las cruzas recíprocas.

Efectos Aditivos Directos:

$$(G^i_{NZB} - G^i_{CAL}) = \{[(NZB \times NZB) + (NZB \times CAL)] - [(CAL \times CAL) + (CAL \times NZB)]\},$$

diferencias entre grupos genéticos.

Donde G^i y G^m representan los efectos aditivos y maternos directos respectivamente, del subscriptor del grupo genético. La significancia de cada contraste se determinó con una prueba de F.

EG_n = efecto fijo del n -ésimo estado de gestación ($n = 1, 2$).

β_1, β_2 y β_3 = coeficientes de regresión parcial para los efectos lineal, cuadrático y cúbico de la covariable días de gestación.

β_4, β_5 y β_6 = coeficientes de regresión parcial para los efectos lineal, cuadrático y cúbico de la covariable días de lactancia.

β_7, β_8 y β_9 = coeficientes de regresión parcial para los efectos lineal, cuadrático y cúbico de la covariable tamaño de camada.

$(X_{ijklmno1} - \bar{X}_1), (X_{ijklmno1} - \bar{X}_1)^2, (X_{ijklmno1} - \bar{X}_1)^3$ = efectos de las covariables días de gestación lineal, cuadrático y cúbico.

$(X_{ijklmno2} - \bar{X}_2), (X_{ijklmno2} - \bar{X}_2)^2, (X_{ijklmno2} - \bar{X}_2)^3$ = efecto de las covariables días de lactancia lineal, cuadrático y cúbico.

$(X_{ijklmno3} - \bar{X}_3), (X_{ijklmno3} - \bar{X}_3)^2, (X_{ijklmno3} - \bar{X}_3)^3$ = efecto de las covariables tamaño de camada lineal, cuadrático y cúbico.

$\varepsilon_{ijklmno}$ = error aleatorio asociado a cada observación.
 $\varepsilon_{ijklmno} \sim \text{NID}(0, \sigma^2_e)$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El rendimiento de la PL de la coneja fue afectado ($P < 0.05$) por la época de parto (EP) (Tabla 1). La PL se incrementó 14 % de marzo a agosto con respecto a enero-febrero. Muy probablemente esto se deba que en la región la temperatura y la humedad relativa desciende en los meses de enero-febrero hasta -1.5 °C y 1.5 %, respectivamente. Además de un mejor uso y aplicación de la tecnología por parte del personal a cargo del manejo dentro de la granja, así como al desarrollo de su experiencia y habilidades a medida que fue transcurriendo el tiempo. Maertens y De Groote (1990) determinaron que la temperatura ambiental óptima para el conejo se encuentra entre 18 y 22 °C. Asimismo, la PL disminuye 10 % a temperaturas entre 27 y 31 °C. Estos autores mencionan que si el ambiente creado para la explotación mantiene temperaturas inferiores a los 8 °C se deberán extremar los cuidados en los nidales y atender, con prevención, la agalactia y la mamitis en las conejas reproductoras. Por el contrario, si la temperatura asciende por encima de los 30 °C, las consecuencias pueden ser graves ya que tienen repercusión sobre el consumo de alimento y reproducción ya que se incrementa la mortalidad embrionaria. Así mismo, la humedad relativa (HR) del aire tiene su importancia. Una HR situada entre el 65% y 80% sería la óptima teniendo en cuenta que a baja humedad se potencian los problemas respiratorios en las vías altas siendo difícil su control y con humedades altas hay un incremento de los agentes patógenos en el ambiente. Pascual *et al.* (1996) observaron diferencias ($P \leq 0.01$) en la PL cuando la temperatura se

encontraba por debajo de 24 °C (192 g d⁻¹) y por arriba de 25° C (159 g d⁻¹). Lukefahr *et al.* (1983) mencionaron que la época de parto es un factor complejo de interpretar, ya que involucra efectos climáticos de temperatura y humedad, entre otros, y aspectos de manejo en general aplicados en las explotaciones.

Tabla 1. Producción de leche según la estación de parto en conejas Nueva Zelanda Blanco, Californiana y sus cruza recíprocas.

Época de parto	n	Producción de leche (g d ⁻¹)
Enero-febrero	609	126.0±5.0 ^a
Marzo-abril	942	140.0±4.0 ^b
Mayo-junio	696	139.0±4.0 ^b
Julio-agosto	128	147.0±6.0 ^b

a,b = Valores con literales distintas son diferentes estadísticamente (P≤0.05)

La producción de leche no se afectó (P≥0.05) por el número de parto (Tabla 2). Estos resultados fueron los esperados, ya que las conejas no habían alcanzado totalmente su madurez, pues sólo se incluyó la información de PL de hembras con un máximo de tres partos. Hafez (1963) menciona que las hembras jóvenes no alcanzan su estado adulto durante las primeras gestaciones y continúan creciendo. Yamani *et al.* (1991), Khalil y Afifi (1991), Ayyat *et al.* (1995) y Khalil (1999), observaron diferencias (P≤0.05) en la PL cuando evaluaron más de tres partos.

Tabla 2. Producción de leche según el número de parto en conejas Nueva Zelanda Blanco, Californiana y sus cruza recíprocas.

Número de parto	n	Producción de leche (g d ⁻¹)
1	856	140.0±4.0
2	1095	139.0±4.0
3	424	136.0±4.0

Contrario a lo esperado, las hembras de 8 pezones tuvieron una producción de leche superior en 13 g d⁻¹ (10%) que aquellas con 9 y 10 pezones (Tabla 3). Rommers *et al.* (1999) encontraron que conejas con 10 pezones produjeron 10 % más leche que aquellas con 8. Fleischhauer *et al.* (1983) observaron diferencias (P≤0.05) en PL con 127, 124 y 93 g d⁻¹ en conejas con 9,10, 8 y 6 pezones, respectivamente. Szendrô y Holdas (1984) mencionaron que el número de pezones no influyó (P≥0.05) en la PL de las hembras de 8, 9 y

10 pezones con producciones medias de 78, 79 y 81 g d⁻¹, respectivamente. Mocé *et al.* (2000), mencionaron que el número de pezones parece ser importante cuando el tamaño de camada rebasa el número de pezones disponibles por coneja, debido a que observaron diferencias (P≤0.01) en la supervivencia de las crías en la primera semana de lactación entre hembras de 8, 9, 10, 11 y 12 pezones con 8.01, 8.04, 7.89, 7.13 y 6.23 gazapos, respectivamente; las hembras con más de 10 pezones perdieron 1.78 gazapos con respecto a las de 8 pezones. Sin embargo, Szendrô y Holdas (1984) y Rochambeau *et al.* (1988) señalaron que un número mayor de pezones muy probablemente tiene un efecto favorable en la viabilidad del gazapo, más que sobre la PL, ya que se disminuiría la probabilidad de muerte por inanición.

Tabla 3. Producción de leche según el número de pezones de conejas Nueva Zelanda Blanco, Californiana y sus cruza recíprocas.

Número de pezones	n	Producción de Leche (g d ⁻¹)
8	2120	144.0±4.0 ^a
9	112	131.0±9.0 ^b
10	143	131.0±8.0 ^b

^{a,b}Valores con literales distintas son diferentes estadísticamente (P≤0.05)

Las hembras gestantes produjeron menos leche (130±5 g d⁻¹) que las vacías (141±5 g d⁻¹) (P≤0.01), lo que representó una reducción de 7.8 %. Lebas (1972) mencionó que la disminución en PL en conejas gestantes puede deberse a la competencia por los mismos nutrientes entre el embrión y la glándula mamaria, ya que ambos demandan glucosa, aminoácidos y ácidos grasos libres, lo que se hace más evidente en la última parte de la gestación. de Blas y Nicodemus (2001) mencionaron que el déficit nutricional que ocurre simultáneamente la gestación y lactación y al corto periodo de aproximadamente cuatro días de recuperación que tiene la coneja desde que se efectúa el destete hasta que se produce el siguiente parto. Debido a lo anterior, las conejas sufren pérdida de peso, ya que no cubren sus necesidades nutrimentales, lo que trae como consecuencia un descenso en la PL del orden de 10 %. Xiccato (1996) observó diferencias (P<0.01) en PL entre conejas gestantes y vacías de 160 y 200 g d⁻¹, respectivamente.

Rommers *et al.* (1999) mencionaron que durante la lactancia las conejas pierden una parte sustancial de sus reservas de grasa (40 %) y energía (25–30 %). Además, las hembras gestantes-lactantes exhiben una pérdida sensible en los niveles corporales de nitrógeno y minerales, por lo que el consumo de alimento se ve

afectado y es considerado el principal factor del déficit nutricional y en consecuencia se disminuye la eficiencia reproductiva de la coneja. Una posible solución a este problema es la selección genética de hembras con mayor capacidad de consumo de alimento y/o una adaptación de los programas de crianza para estimular la capacidad del consumo de alimento (Rommers *et al.*, 1999). Además, estos autores indican que la implementación de la mejora genética hacia el incremento de la capacidad de consumo de alimento es difícil de realizarse en granjas comerciales, por lo que sería más adecuado implementar estrategias en las prácticas de manejo de la alimentación como el uso de dietas energéticas y proteicas. Szendrô y Maertens (2001) observaron que conejas que se encontraban simultáneamente gestantes-lactantes, su PL tuvo un efecto negativo en el crecimiento del feto, debido a que las conejas no fueron capaces de incrementar su consumo de alimento para asegurar suficiente cantidad de nutrientes para los fetos. Lublin y Wolfenson (1996) observaron una disminución de 18 % en la cantidad de sangre del útero hacia la placenta en hembras gestantes-lactantes y un incremento del flujo de sangre de 50 % en hembras vacías lactando.

Las covariables días de lactancia (DL) y días de gestación (DG) estuvieron relacionadas en forma lineal, cuadrática y cúbica con la PL ($P \leq 0.01$). El tamaño de camada (TC) estuvo relacionado ($p \leq 0.01$) sólo en forma lineal y cuadrática con la PL.

La asociación entre DL y PL (Figura 1) mostró que al inicio de la lactancia las conejas produjeron 35 g d⁻¹ de PL y está se incrementó alrededor de 12 g d⁻¹ y alcanzando el pico de producción en el día 19 posparto

con 160 g d⁻¹ y una producción media de 122±36 g d⁻¹. Lebas (1968) encontró un máximo de PL de 240 g d⁻¹ a los 18 días posparto en conejas Leonado de Borgoña. Sánchez *et al.* (1985) encontraron el pico de PL a los 18 días con 250 g d⁻¹ en conejas NZB. Fraga *et al.* (1989) observaron un máximo de PL de 250 g d⁻¹ el día 17 de lactancia en conejas CAL x NZB. McNitt y Lukefahr (1990) observaron un máximo de PL de 185 g d⁻¹, a los 20 días de lactación en conejas NZB, CAL, CAL x NZB y NZB x CAL. Singh (1996) observó un máximo de PL a los 21 días de lactancia de 120 g d⁻¹ en conejas Chinchilla Soviético, Gigante Gris y Gigante Blanco.

La relación entre DG y PL (Figura 1) mostró que en el quinto día de gestación las conejas produjeron un máximo de 150 g d⁻¹ de leche, con 15 días de lactación y a partir del octavo día de gestación comenzó a declinar la PL a razón de 5.26 g d⁻¹, obteniéndose valores inferiores a 86 g d⁻¹ a partir del día 15 de gestación y 24 días de lactancia, observándose una diferencia de 60 g d⁻¹ en PL entre DG y DL. El promedio de PL fue 98±50 g d⁻¹. Maertens y De Groote (1990) señalaron que la PL disminuyó significativamente ($P < 0.01$) después del día 18 de lactación. Lebas (1972), McNitt y Lukefahr (1990) observaron una disminución de PL a partir del día 16 y 20 de gestación. Lebas (1969) señaló que entre más rápido disminuye la PL, se podría beneficiar el crecimiento de los gazapos, ya que esta reducción, los estimularía a consumir alimento sólido a una edad más temprana y esto los favorecería durante el periodo post-destete. Hardman *et al.* (1970) indicaron que la ganancia de peso después del destete se encuentra directamente relacionada con la tasa de crecimiento pre-destete.

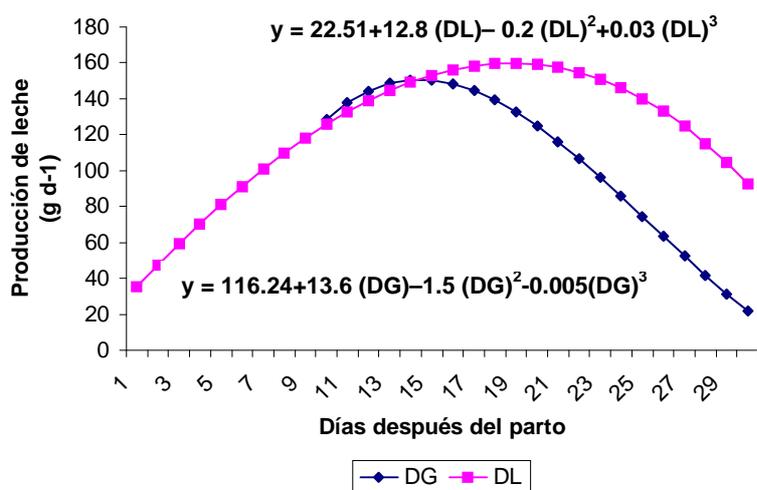


Figura 1. Relación de los días de lactancia (DL) y gestación (DG) en la producción de leche en conejas Nueva Zelanda Blanco, Californiana y sus cruzas recíprocas.

La relación entre el TC y PL (Figura 2) mostró que a medida que se incrementa el TC aumenta la PL en forma creciente ($P \leq 0.01$) con un pico de producción de 112 g d^{-1} , con 7 gazapos. Singh (1996) estimó una correlación altamente significativa ($P < 0.01$) entre el TC y PL de 0.44. McNitt y Lukefahr (1990) estimaron que la PL aumenta cuando el TC se incrementa, alcanzando la máxima PL de 220 g d^{-1} con 12 gazapos. Mohamed y Szendrô (1992) encontraron un incremento de 5.5 % en la PL cuando el TC se incrementó de 6 a 10 gazapos. Szendrô (2000), Szendrô y Maertens (2001) indicaron que la PL de la coneja está relacionada positivamente con el TC y

negativamente con la cantidad de leche disponible por gazapo, ya que gazapos criados en camadas grandes tienen acceso a una menor cantidad de leche, lo cual conduce a una reducción en la ganancia individual predestete. Además, estimaron que la correlación entre el TC y la cantidad de leche disponible por cría fue negativa ($P < 0.05$) con un valor de $r = -0.35$. Ferguson *et al.* (1997) encontraron correlaciones negativas entre el TC y la cantidad de leche disponible por gazapo ($P \leq 0.01$) en la primera, segunda y tercer semana de lactancia de $r = -0.46$, $r = -0.41$ y $r = -0.51$, respectivamente.

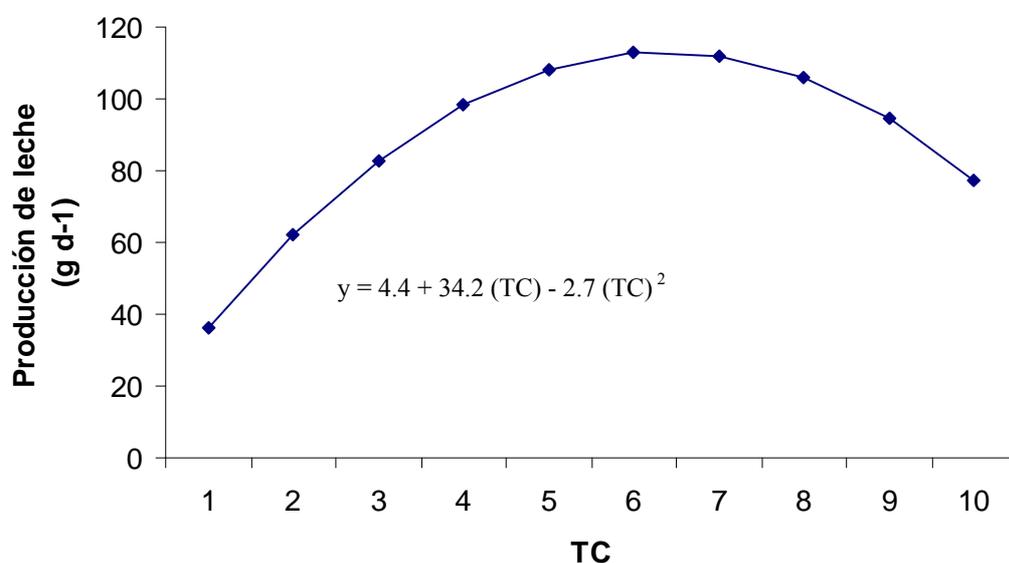


Figura 2. Relación entre el tamaño de camada (TC) y la producción de leche en conejas Nueva Zelanda Blanco, Californiana y sus cruza recíprocas.

Grupo genético

El grupo genético (Tabla 4) no tuvo un efecto significativo ($P \geq 0.05$) en la PL. Falconer y Mackay (1996) mencionaron que si dos poblaciones no difieren en frecuencias génicas no habrá heterosis para la característica de interés. McNitt y Lukefahr (1990) no encontraron diferencias en PL ($P \geq 0.05$) entre conejas NZB, CAL, CAL x NZB y NZB x CAL con producciones observadas de 158 g d^{-1} , 137 g d^{-1} , 120 g d^{-1} y 127 g d^{-1} , respectivamente. Igualmente, Khalil (1999) no observó diferencias ($P \geq 0.05$) en PL entre conejas NZB, Gabali (G), NZB x G y G x NZB con producciones de 124 g d^{-1} , 121 g d^{-1} , 111 g d^{-1} y 125 g d^{-1} , respectivamente.

Tabla 4. Producción de leche por grupo genético de conejas Nueva Zelanda Blanco, Californiana y sus cruza recíprocas.

Grupo genético	n	Producción de leche
		(g d ⁻¹)
CAL x CAL	560	139±4
NZB x NZB	664	139±4
NZB x CAL	488	137±4
CAL x NZB	663	138±4

NZB = Nueva Zelanda Blanco.

CAL = Californiana

Efectos de heterosis

La heterosis directa para la PL, calculada en g d⁻¹ y porcentaje, fueron cercanas a cero y no fueron significativas ($P \geq 0.05$) con valores negativos de -2 ± 3 g d⁻¹ y -1 % respectivamente. Falconer y Mackay (1996) indicaron que no todos los cruzamientos dan lugar a una heterosis útil para el mejorador. Por lo que si la media del carácter es el único criterio de valoración, el cruzamiento no es útil a menos que la población F₁ sea mejor que ambas razas parentales. Khalil (1999) estimó un efecto de heterosis negativo y no significativo ($P \geq 0.05$) para PL entre conejas NZB, G, NZB x G y G x NZB de -4.3 g d⁻¹. Lukefahr *et al.* (1996) obtuvieron valores de heterosis no significativos ($P \geq 0.05$) para PL en conejas NZB, CAL, NZB x CAL y CAL x NZB primíparas y múltiparas de 3.9 y 4.9 g d⁻¹ respectivamente. Por otro lado, Lukefahr *et al.* (1983) encontraron una heterosis positiva ($P \leq 0.05$) entre hembras NZB, CAL, NZB x CAL y CAL x NZB para PL de 1.52 g d⁻¹. Khalil *et al.* (2004) estimaron efectos significativos ($P \leq 0.01$) de heterosis en conejas de la línea-V (Valencia), G, G x V y V x G. para PL de 16 g d⁻¹.

Efectos aditivos maternos

Los efectos maternos para PL fueron cercanos a cero y no significativos ($P \geq 0.05$) con -0.8 ± 5 g d⁻¹ (expresado como las diferencias entre cruza recíprocas). Khalil *et al.* (1987) indicaron que el efecto materno se encuentra relacionado con el mejoramiento de la PL de la coneja, a través de la experiencia que ésta va adquiriendo con el incremento del número de partos. Lukefahr *et al.* (1983 y 1996) encontraron que los efectos maternos en PL no fueron significativos ($P \geq 0.05$) en conejas NZB x CAL y CAL x NZB con 18 a 3 g d⁻¹, respectivamente. Khalil *et al.* (2004) observaron efectos maternos significativos ($p \leq 0.05$) en conejas V x G y G x V con 9 g d⁻¹, respectivamente. Khalil (1999) observó que efectos maternos para PL influyeron ($P \leq 0.05$) cuando comparó conejas NZB x G y G x NZB primíparas vs múltiparas con 14 y 20 g d⁻¹, respectivamente. Rommers *et al.* (1999) señalaron que la madre influyó en la progenie a través de la protección que esta les proporciona en el micro hábitat (termo-aislamiento) y el amamantamiento de los gazapos. De acuerdo a Mohamed y Szendrő (1992), el comportamiento del amamantamiento de la coneja está influido por el TC, ya que conejas con camadas pequeñas (6 gazapos) pasan 15 % más tiempo dentro del nido que aquellas con TC mayores a 10 gazapos. Lo anterior está relacionado con el afán de la coneja de liberarse de la presión de la leche en la glándula mamaria, la cual se puede incrementar cuando el TC es reducido.

Efectos aditivos directos

Los efectos aditivos directos fueron cercanos a cero y no significativos ($P \geq 0.05$) con 1.4 ± 6 g d⁻¹ para PL. Khalil (1999) no observó diferencias para PL ($P \geq 0.05$) en los efectos aditivos directos en conejas NZB, G, NZB x G y G x NZB, con -9.0 g d⁻¹. Por su parte, Lukefahr *et al.* (1996) observaron que efectos aditivos directos contribuyeron ($P \leq 0.05$) en la PL en conejas NZB, CAL, NZB x CAL y CAL x NZB primíparas y múltiparas con 15 y 17 g d⁻¹, respectivamente. Khalil *et al.* (2004) observaron que los efectos aditivos directos favorecieron ($P \leq 0.05$) la PL en conejas V, G, G x V y V x G con 10 g d⁻¹.

CONCLUSIONES

La producción de leche tuvo una diferencia máxima de 14 % entre estaciones de parto. Las conejas con 8 pezones produjeron 10 % más leche que las hembras con 9 y 10 pezones. Las conejas gestantes-lactantes produjeron 7.8 % menos leche que las conejas lactantes-vacías. Los efectos de heterosis, aditivos maternos, aditivos directos no fueron importantes ($P \geq 0.05$) para la producción de leche en conejas Nueva Zelanda Blanco, Californianas y sus cruza recíprocas.

REFERENCIAS

- Afifi, E.A., Khalil, M.H. Emar, M.E. 1989. Effects on maternal performance and litter pre-weaning traits in doe rabbits. *Journal of Animal Breed and Genetic* 106:358-362.
- Ayyat, M.S., I.F.M., Marai, G.H.A., El-Sayaid. 1995. Genetic and non-genetic factors affecting milk production and preweaning litter traits of New Zealand White does under Egyptian conditions. *World Rabbit Science* 3:119-124.
- Cowie, A.T. 1969. Variations in the yield and composition of the milk during lactation in the rabbit and the galactopoietic effect of prolactin. *Journal of Endocrinology* 44:437-450.
- Davies, J.S., Widdowson, E.M., McCance, R.A. 1964. The intake of milk and the retention of its constituents while the newborn rabbit double its weight. *British Journal of Nutrition* 18:385-392.
- De Blas, C., Nicodemus, N. 2001. Interacción nutrición-reproducción en conejas reproductoras. In XVII Curso de Especialización. Avances en Nutrición y Alimentación Animal. Rebollar P.G., C. de Blas, y G.G.Mateos (eds). FEDNA. Madrid, España. 71-92 pp.

- Dickerson, G.E. 1993. Evaluation of breeds and crosses of domestic animals. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Animal Production and Health Paper. Rome, Italy. 50p.
- Falconer, D.S., Mackay T.F.C. 1996. Introducción a la genética cuantitativa. 4^a Ed., Longman, London.
- Ferguson, F.A., Lukefahr S.D., McNitt, J.I. 1997. Prewaning variable influences on market traits in rabbits. *Journal of Animal Science* 75:611-621.
- Fleischhauer, H., Schlolaut, W., K. Lange. 1983. Influence number of teats on rearing performance of rabbits. *Journal of Applied Rabbit Research* 8:174-176.
- Fraga, M.J., Lorente, M., Carabaño, R.M., J.C. de Blas. 1989. Effect of diet and remating interval on milk production and milk composition of the doe rabbit. *Animal Production* 48:459-466.
- Hafez, E.S.E. 1963. Symposium on growth: Physio-Genetics on prenatal and postnatal growth. *Journal of Animal Science* 22:779-791.
- Hardman, M.J., Hull, D., Oyesiku, J. 1970. The influence of birth weight and nutrition on postnatal growth of rabbit. *Biology of the Neonate* 16:306-312.
- Harvey, W.R., Casady, R.B., Sutor, A.E. and Mize, K.E. 1961. Prenatal and postnatal effects in rabbit. *Journal of Animal Science* 20:907 (Abstract).
- Khalil, M.H. 1994. Lactational performance of Giza White rabbits and its relation with preweaning litter traits. *Animal Production* 59:141-145.
- Khalil, M.H. 1999. Heterosis, maternal and direct genetic effects for litter performance and postweaning growth in Gabali rabbit and their crosses raised under hot climatic condition. *Journal of King Saud University* 11:121-136.
- Khalil, M.H., Afifi, E.A. 1991. Doe litter performance of Bouscat and Giza White rabbits. *Egyptian Journal of Rabbit Science* 1:172-184.
- Khalil, M.H., Khalil, H.H. 1991. Genetic and phenotypic parameters for weaning and preweaning body weight and gain in Bouscat and Giza White rabbits. *Journal of Applied Rabbit Research* 14:44-51.
- Khalil, M.H., Mehaia, M.A., Al-Homidat, A.H., Al-Sobayil, K.A. 2004. Genetic analysis for milk yield and components and milk conversion ratio in crossing of Saudi rabbits with V-line. *Proceedings of the 8th World Rabbit Congress*. Puebla, Mexico. 82-89 pp.
- Khalil, M.H., Owen, J.B. and Afifi, E.A. 1987. A genetic analysis of litter traits in Bauscat and Giza White rabbits. *Animal Production* 45:123-134.
- Khalil, M.H., Owen, J.B. and Afifi, E.A. 1986. A review of phenotypic and genetic parameters associated with meat production traits in rabbits. *Animal Breeding Abstract* 54:725-749.
- Lebas, F. 1968. Mesure quantitative de la production laitière chez la lapine. *Annals of Zootechnie* 2:169-182.
- Lebas, F. 1969. Alimentation lactée et croissance pondérale du lapine avant sevrage. *Annals of Zootechnie* 18:197-208.
- Lebas, F. 1972. Effet de la simultanéité de la lactation et de la gestation sur les performance laitieres chez la lapine. *Annals of Zootechnie* 21:129-131.
- Littell, R.C., Milliken, G.A., Stroup, W.W., Wolfinger, R.D. 1999. SAS®. System for Mixed Models. SAS Inst.Inc., Cary, NC.USA.
- Lublin, A., Wolfenson, D. 1996. Lactation and pregnancy effects on blood flow to mammary and reproductive system in heat-stressed rabbits. *Comparative Biochemistry and Physiology* 115:277-285.
- Lukefahr, S.D., Cheeke, P.R., Patton, N.M 1996. Heritability of milk production and 21-day litter weight and litter size in purebred and crossbred rabbits using an animal model. *Proceedings of the 6th World Rabbit Congress*. Toulouse, France. 319-323 pp.
- Lukefahr, S.D., Cheeke, P.R., Patton, N.M 1990. Prediction and causation of litter market traits from preweaning and weaning characteristics in commercial meat rabbits. *Journal of Animal Science* 68:2222-2234.

- Lukefahr, S.D., Hohenboken, W., Cheeke, P.R., Patton, N.M. 1981. Milk production and litter traits in straightbred and crossbred rabbits. *Journal of Applied Rabbit Research* 4:35-40.
- Lukefahr, S.D., Hohenboken, W.D., Cheeke, P.R., Patton, N.M. 1984. Genetic component and dietary influence for and on milk production and associate characters in rabbit breeds and specific crossbreeds. *Proceedings of the 3rd World Rabbit Congress*. Rome, Italy. 98-106 pp.
- Lukefahr, S.D., Hohenboken, W.D., Cheeke, P.R., Patton, N.M. 1983. Characterization of straightbred and crossbred rabbits for milk production and associative traits. *Journal of Animal Science* 57:1100-1107.
- Maertens, L., De Groote, G. 1990. Comparison of feed intake and milk yield of does under normal and high ambient temperature. *Journal of Applied Rabbit Research* 13:159-162.
- Malik, R.C. 1984. Two breeding schemes for estimation of the heterosis and recombination effects. *Livestock Production Science* 11:227-233.
- McNitt, J.I., Lukefahr, S.D. 1990. Effects of breed, parity, day of lactation and number of kits on milk production of rabbits. *Journal of Animal Science* 68:1505-1512.
- McNitt, J.I., Moody, G.L. 1990. Daily milk intake by rabbit kits. *Journal of Applied Rabbit Research* 13:176-178.
- Mocé, M.L., Piles, M., Santacreu, M.A., Blasco, A. 2000. Correlated response to selection for uterine capacity on teat number and effect of teat number on survival rate. *Proceeding of the 7th World Rabbit Congress*. Valencia, Spain. 469-473 pp.
- Mohamed, M.M.A., Szendrő, Z.S. 1992. Studies on nursing and milk production of does and milk intake and suckling behavior of their kits. *Journal of Applied Rabbit Research* 15:708-716.
- Nofal, R.Y., Toth, S., Virag, G.Y. 1995. Carcass traits of purebred and crossbred rabbits. *World Rabbit Science* 3:167-170.
- Pascual, J.J., Cervera, C., De Blas, E., Fernández-Carmona, J. 1996. Milk yield and composition in rabbit does using high fat diets. *Proceedings of the 6th World Rabbit Congress*. Toulouse, France. 259-262 pp.
- Rochambeau, H., Tudela, F., Chabert, J. 1988. Some results about number of teats in 3 strains of rabbits. *Proceedings of the 4th World Rabbit Congress*. Budapest, Hungary. 261-268 pp.
- Rommers, J.M., Kemp, B., Meijerhof, R., Noordhuizen P.T.M. 1999. Rearing management of rabbit does: A review. *World Rabbit Science* 7:125-138.
- Rouvier, R. 1980. Genetics and reproduction in the rabbit. *Proceedings of the 2nd World Rabbit Congress*. Barcelona, Spain. 101-110 pp.
- Sanchez, W.K., Cheek, P.R., Patton, N.M. 1985. Effect of dietary crude protein level on the reproductive performance and growth of New Zealand White Rabbits. *Journal of Animal Science* 60:1029-1039.
- Singh, G. 1996. Genetic and non-genetic factors affecting milk yield of rabbit does under hot semi-arid climate. *World Rabbit Science* 4:79:83.
- Sorensen, P., Kjaer, J.B., Brenoe, U.T., Su, G. 2001. Estimates of genetic parameters in Danish White Rabbits using an animal model: II. Litter Traits. *World Rabbit Science* 9:33-38.
- Szendrő, Zs. 2000. The nutritional status of foetus and suckling rabbits and its effects on their subsequent productivity: A review. *Proceedings of the 7th World Rabbit Congress*. Valencia, Spain. 375-393 pp.
- Szendrő, Zs., Holdas, S. 1984. Relationship between the number of mammary glands and the production of female rabbits. *Proceedings of the 3rd World Rabbit Congress*, Roma, Italy. 141-148 pp.
- Szendrő, Zs., Maertens, L. 2001. Maternal effects during pregnancy and lactation in rabbits. *Acta Agraria Kaposváriensis* 5:1-21.
- Venge, O. 1963. The influence of nursing behavior and milk production on early growth in rabbits. *Animal Behaviour* 11:500-506.
- Verga, M., Dell'orto, V., Carezi, C. 1978. A general review and survey of maternal behaviour in the rabbit. *Applied Animal Ethology* 4:235-252.

Gómez-Ramos *et al.*, 2008

Xiccato, G. 1996. Nutrition of lactating does. Proceedings of the 6th World Rabbit Congress. Toulouse, France. 1:29-47 pp.

Yamani, K.A.O., Daader, A.H., Askar, A.A. 1991. Non-genetic factors affecting rabbit production in Egypt. Options Méditerranéennes-Série Séminaires. 17:159-172.

Submitted April 26, 2008 – Accepted June 20, 2008
Revised received June 26, 2008