

RESPUESTA ESPERADA A LA SELECCION PARA PRODUCCION DE LECHE EN CAPRINOS CON PRUEBAS DE PROGENIE, MOET Y SELECCION MASAL*

EXPECTED GENETIC RESPONSE FOR MILK PRODUCTION IN GOATS WITH PROGENY TESTING, MOET AND MASS SELECTION

Montaldo Valdenegro, H.¹, M. Valencia Posadas¹ y F. Sánchez y García Figueroa².

¹Escuela de Agronomía y Zootecnia, Universidad de Guanajuato, Apartado Postal 311, Irapuato, Guanajuato, 36500, México.

²Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, Calzada del Hueso 1100, Villa Quietud, 04960 Coyoacán, D.F. México.

Palabras clave adicionales

Programas genéticos, Tecnologías reproductivas,

Additional keywords

Breeding programs, Reproductive technologies.

RESUMEN

En ganado caprino, y para un periodo de selección de 15 años, se estimaron para la producción de leche las respuestas genéticas mínimas anuales esperadas, con 95 p.100 de confianza y ajustadas para depresión consanguínea (RFM). Se compararon los programas de selección basados en núcleos de selección masal (NUMA), pruebas de progenie (PPIA) y núcleos que utilizan la ovulación múltiple y transferencia embrionaria (MOET). Las comparaciones se realizaron para dos niveles de desviación estándar genética aditiva; promedio y mínima. El tamaño de la población a mejorar fue de 10000 cabras. Los núcleos MOET, tuvieron valores de RFM de 3,1 a 3,8 p.100 y 1,6 a 2,0 p.100 de la media por año para niveles promedio y mínimo de la desviación estándar aditiva respectivamente. Los valores correspondientes para PPIA fueron 3,7 y 1,9 p.100 y para NUMA 1,8 y 0,9 p.100 respectivamente. La ventaja

de MOET sobre NUMA fue de 72 a 122 p.100 para la producción de leche. Esta comparación inicial de esquemas permite considerar que núcleos MOET formados por 512 hembras, produciendo por donadora en cada superovulación 2 machos y 2 hembras disponibles para reemplazo, tienen respuestas que son desde 5 p.100 mayores a 16 p.100 menores comparados con una prueba de progenie basada en una población de 10000 hembras en control de producción con inseminación artificial. Los núcleos de selección masal de 512 hembras permiten un progreso genético anual promedio de 47 a 49 p.100 del esperado con pruebas de progenie óptimas.

SUMMARY

The expected annual minimum selection response for a 15 year-period with a confidence of 95 p.100 adjusted for inbreeding depression (RFM), was estimated for milk production in goats. Selection

*El presente estudio fue financiado parcialmente por el donativo CONACyT (México) D112-904180.

programs mass selection nucleus (MANU), progeny test (PPIA) and multiple ovulation and embryo transfer nucleus (MOET) were compared, utilizing two levels of additive standard deviation; average and minimum. The size of the population to improve was 10000 goats. MOET programs had RFM values of 3.1 to 3.8 p.100 and 1.6 to 2.0 p.100 of the mean for average and minimum values of additive standard deviation respectively, corresponding values for PPIA were 3.7 and 1.9 p.100 and for MANU 1.8 and 0.9 p.100 respectively. Advantage of MOET over MANU was 72 to 122 p.100 for milk production. This initial comparison of schemes allows consider MOET nucleus of 512 females with 2 males and 2 female offspring available as replacement by superovulated dam and period, as having responses 5 p.100 greater to 16 p.100 lower compared with a progeny test scheme with artificial insemination in a population of 10000 milk recorded females. Nucleus of mass selection of 512 females allow a minimal genetic progress of 47 to 49 p.100 of those expected with an optimal progeny test.

INTRODUCCION

Para el mejoramiento genético de la producción de leche en los caprinos se utilizan esquemas de selección basados en pruebas de progenie y núcleos de selección masal (Ricoardeau, 1981; Rönningen, 1980; Steine, 1982; Ricoardeau *et al.*, 1992).

Foote (1990) describió un conjunto de biotecnologías relacionadas potencialmente con programas de mejoramiento genético de los caprinos, algunas de ellas nuevas, actualmente bajo evaluación. Entre estas está la ovulación múltiple y transferencia de embriones (MOET). Varios estudios han sido realizados en bovinos productores de leche para comparar las respuestas esperadas a la selección de esquemas basados en diferentes alternativas, incluyendo las pruebas de progenie y métodos que utilizan la nueva

tecnología de ovulación múltiple y transferencia embrionaria (Nicholas y Smith, 1983; Toro y Silió, 1989; Toro *et al.*, 1991).

En nuestro conocimiento, no existen estudios dedicados a la comparación de las respuestas esperadas a la selección para producción de leche en caprinos con esquemas MOET, pruebas de progenie y núcleos de selección masal. En este contexto, resulta interesante conocer la eficiencia relativa de estas opciones de selección existentes para el mejoramiento genético de los caprinos.

Este estudio tiene como objetivos comparar esquemas de prueba de progenie con inseminación artificial (PPIA), núcleos MOET y núcleos de selección masal (NUMA) en cuanto a sus respuestas esperadas a la selección para producción de leche en caprinos, utilizando como base de comparación una población de 10000 cabras.

MATERIAL Y METODOS

CALCULO DE LAS RESPUESTAS

La respuesta genética esperada/año corregida para consanguinidad (RF) se estimó según los principios descritos por Linhé (1968), Nicholas (1980), Pirchner (1983) y Van Vleck (1979), utilizando las ecuaciones siguientes:

$$R = CV_A G/L$$

$$RF = R(1 - F_1 d)$$

donde:

R = Respuesta por año sin corregir.

RF = Respuesta por año corregida para depresión consanguínea.

t = Número de años de respuesta con-

RESPUESTAS A LA SELECCION EN CAPRINOS CON MOET

siderados, 15 en este estudio.

CV_A = Coeficiente de variación aditivo.

G = Promedio de la intensidad de selección por precisión sobre las cuatro vías de selección: macho-macho (mm), macho-hembra (mh), hembra-macho (hm) y hembra-hembra (hh).

L = Intervalo promedio de generación sobre las cuatro vías.

d = Depresión por consanguinidad en la característica seleccionada por un incremento de 1 p.100 en el coeficiente de consanguinidad. En este estudio $d=1$, equivalente a una reducción de 1 p.100 en la característica por un incremento de 1 p.100 en F (Ricordeau, 1981).

Ne = Tamaño efectivo de la población.

El coeficiente de consanguinidad acumulado a t años se calculó con la ecuación descrita por Pirchner (1983) como:

$$F_t = 1 - \exp\{-t/L / (2Ne)\}$$

La desviación estándar de la respuesta (σ_R) se aproximó como:

$$\sigma_R = R \{(2L)^{0.5} / G(Net)^{0.5}\}$$

La respuesta mínima con el 95 p.100 de confianza (RFM) fue estimada como:

$$RFM = RF - \sigma_R Z_{0.95}$$

donde $Z_{0.95}$ es el valor crítico de la distribución normal estandarizada, con una probabilidad de 0,95. Con el objeto de evaluar los efectos de depresión consanguínea, y deriva génica, se calcularon los valores de la respuesta sin ajustar (R), así como los valores ajustados a consanguinidad (RF) y a consanguinidad y deriva (RFM). En la **tabla I** se

muestran los valores promedio y mínimos de la heredabilidad (h^2) y el coeficiente de variación aditivo (CV_A) de la producción de leche en caprinos, dichos valores fueron utilizados en la estimación del progreso genético y fueron obtenidos de 19 estudios internacionales con datos de explotaciones comerciales (Valencia y Montaldo, 1991). La repetibilidad de la producción de leche se consideró igual a 0,5 (Valencia y Montaldo, 1991). Los parámetros demográficos y reproductivos fueron obtenidos a partir de estudios realizados en pastoreo (García, 1982). Los esquemas fueron desarrollados para mejorar una población de 10000 cabras, que se puede considerar un estrato multiplicador, capaz de abastecer de sementales para monta natural a una población de al menos 250000 cabras, o directamente a una población mayor, utilizando la inseminación artificial. En todos los casos se supuso un sistema de reproducción con un parto por año, con el primer parto a los 24 meses y 0,5 crías de cada sexo vivas a edad reproductiva en promedio por hembra y por año con repro-

Tabla I. Heredabilidad (h^2) y coeficientes de variación fenotípico (CV_F) y aditivo (CV_A) mínimo y promedio para la producción de leche en caprinos. (Heritability (h^2) and phenotypic (CV_F) and additive (CV_A), coefficients of variation, minimum and average, for milk production in goats).

Variación genética	h^2	CV_F	CV_A
	Promedio	0,38	0,29
Mínima	0,25	0,22	0,11
$CV_A = hCV_F$			

ducción natural. A partir de estas suposiciones básicas y de las características de cada esquema de selección, se estimaron las intensidades de selección corregidas para números finitos de animales (Van Vleck, 1979), los intervalos por generación (Pirchner, 1983) y la precisión de cada vía, utilizando la teoría general del índice de selección (Van Vleck, 1979). El tamaño efectivo de cada población (Ne) se calculó mediante los métodos descritos por Nicholas (1980) para los esquemas MANU y PTAI y Nicholas y Smith (1983) para MOET. En este estudio se utilizaron dos valores de varianza genética aditiva, lo que permite realizar un análisis de sensibilidad equivalente a incluir la posible reducción de la varianza genética aditiva ocasionada por el desequilibrio de ligamiento en el modelo (Keller *et al.*, 1990). Con el objeto de evaluar la posible reducción en el tamaño efectivo por la selección mediante índices, la respuesta de los núcleos MOET fue evaluada además considerando el tamaño efectivo como la mitad de su valor esperado (Keller *et al.*, 1990).

PRUEBAS DE PROGENIE

Se cuenta con 10000 cabras en control de producción y la totalidad de las cabras se aparean mediante inseminación artificial (IA). La población de hembras tiene una tasa de reemplazo anual de 0,25, dando un intervalo generacional de 4,0 años en las vías hm y hh. El 95 p.100 de las hembras es apareada con machos jóvenes seleccionados en función de dos lactancias de la madre y la prueba de progenie del padre, este valor optimiza la respuesta en poblaciones de 10000 hembras en control de producción (Linhé, 1968). Los machos son evaluados en segunda etapa en base al rendimiento de

su progenie, suponiendo que se requieren 1,67 hijas/hija efectiva (Hinks, 1974). Se probaron diferentes números de hijas por macho en prueba hasta encontrar el óptimo para la respuesta en ambas etapas, considerando la reducción de la variación genética en segunda etapa por la selección por pedigrí (Pirchner, 1983). En segunda etapa, los números de hijas efectivas y fracción seleccionada de machos que maximizaron las respuestas promedio fueron 10 y 3/71 para variación genética promedio y 15 y 3/47 para variación genética mínima, considerando que cada año se utilizan 3 sementales probados que se reemplazan al año siguiente. Los intervalos de generación de los machos jóvenes y probados fueron de 2,0 y 4,5 años respectivamente. En la **tabla II** se muestran los valores de los parámetros relevantes.

NUCLEOS MOET

El núcleo MOET utilizado en este estudio para la especie caprina, se desarrolló modificando, en todos los aspectos relevantes, el núcleo adulto descrito por Nicholas y Smith (1983) para bovinos. Se cuenta con 512 hembras. Cada 3 meses usamos 32 donadoras para realizar 256 transferencias embrionarias, obteniendo 128 crías, un total de 2 machos y 2 hembras a la edad de su primer apareamiento por donadora, utilizando una tasa de concepción y supervivencia de 0,5. Estos valores son congruentes con los resultados de la ovulación múltiple y transferencia embrionaria en caprinos donde es razonable obtener de cada superovulación un número estandarizado de 4 crías viables a edad reproductiva (Warnes *et al.*, 1982). Las donadoras son superovuladas a los 31 meses, sus crías nacen a los 36 meses,

RESPUESTAS A LA SELECCION EN CAPRINOS CON MOET

dando un intervalo de generación de 3,0 años en las vías hm y hh. Las donadoras son apareadas con 3 machos; uno seleccionado en el presente ciclo a los 3 años y los otros dos en los dos periodos previos, dando un intervalo generacional de 3,25 años para las vías mm y mh. En cada periodo, la selección se realiza en una fracción de 32/64 hembras y 1/32 machos. La selección de las hembras se efectúa en base a un índice que combina la información de su primera lactancia, la primera lactancia de una hermana completa, de 19 mediohermanas paternas y el promedio de 3 lactancias de la madre. En los machos el índice es similar, con una hermana completa adicional y sin información individual. En el **tabla**

II se muestran en detalle los valores para los parámetros más relevantes.

SELECCION MASAL

Se cuenta con un núcleo cerrado de 512 hembras en control de producción con una tasa de reemplazo anual de las hembras de 0,3, dando un intervalo generacional para las vías hm y hh de 3,5 años. Cada año se seleccionan 13 machos y 154 hembras descendientes de las mejores 26 y 328 hembras, respectivamente, a partir de cabras con al menos una lactancia completa registrada, es decir 512 (0,7) = 358 cabras candidatas a la selección. Los machos son utilizados una sola temporada en monta natural, a los 1,5 años de edad, dando un intervalo

Tabla II. Principales parámetros de las poblaciones utilizadas en la comparación de esquemas de selección en caprinos. (Main parameters of populations utilized in the comparison of selection schemes in goats).

		Esquema de selección		
		NUMA	PPIA	MOET
Número de hembras:		512	10000	512
Grias de un sexo por hembra por año ^a :		0,50	0,50	2,00
Intervalo por generación por vía:	mm	2,00	4,50	3,25
	mh	2,00	2,13 ^b	3,25
	hm	3,50	4,00	3,00
	hh	3,50	4,00	3,00
Intervalo promedio de generación (L)		2,75	3,66	3,13
Precisión por vía ^c :	mm	-	0,72 (0,71)	0,58 (0,51)
	mh	-	0,72 (0,71)	0,58 (0,51)
	hm	0,71 (0,58)	0,71 (0,58)	0,72 (0,63)
	hh	0,71 (0,58)	0,71 (0,58)	0,72 (0,63)
Tamaño efectivo de la población (N _e) ^d :		132	155 (147)	48

^aA la edad de la selección como reemplazos. ^bPromedio ponderado del intervalo generacional de machos jóvenes (2 años) y probados (4,5 años). ^cEntre paréntesis valores para variación genética mínima cuando difieren del nivel promedio.

de generación de 2,0 años para las vías mm y mh. La selección se realiza en base al promedio de 2 lactancias completas en las hembras. En el **tabla II** se muestran en detalle los valores de los principales parámetros.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la **tabla III** se muestran los resultados de la respuesta esperada por año para la producción de leche y el incremento en el nivel de consanguinidad promedio en la población. Los esquemas MOET resultaron levemente superiores a las pruebas de progenie y estos dos métodos notablemente superiores a esquemas NUMA para las respuestas

minimas corregidas para consanguinidad (RF). Sin embargo los valores de RFM considerando Ne como la mitad del valor esperado, son levemente inferiores a las de la opción PPIA. El esquema de núcleos MOET tuvo valores de RF superiores en 72 a 122 p.100 a los de NUMA, mientras que el esquema PPIA tuvo valores de RF superiores en 98 a 109 p.100 mayores a los de NUMA. La reducción en la respuesta anual promedio sin corregir (R), causada por consanguinidad fue de 2 a 4,9 p.100 con los diferentes esquemas, siendo mayor en los esquemas MOET y NUMA que en PPIA (**tabla III**). La reducción de respuesta debida a deriva y riesgo se puede estimar comparando RFM con RF. De acuerdo con esta comparación, las reducciones por deriva

Tabla III. Respuestas genéticas por año para producción de leche en caprinos con distintos esquemas de selección. (Annual genetic response for milk production in goats with different selection schemes).

Variación genética	Esquema de selección					
	NUMA		PPIA		MOET	
	promedio	mínima	promedio	mínima	promedio	mínima
R (p.100)	2,5	1,3	4,3	2,3	5,1	2,8
RF (p.100)	2,4	1,3	4,2	2,3	4,9 ^a	2,7 ^a
RFM (p.100)	1,8	0,9	3,7	1,9	3,8	2,0
F(p.100)	2,1		1,3 (1,4) ^a		3,1 ^b	
					5,0	1,6 ^b

R= Respuesta promedio por año.

RF= Respuesta promedio por año corregida a consanguinidad.

RFM= Respuesta ajustada a consanguinidad y deriva (Respuesta mínima con el 95 p.100 de confianza).

F= Coeficiente de consanguinidad en 15 años

^aEntre paréntesis valores para variación genética mínima cuando difieren del nivel promedio. ^bRespuestas considerando Ne=1/2 (Ne esperado).

RESPUESTAS A LA SELECCION EN CAPRINOS CON MOET

y riesgo son mayores en los esquemas NUMA con valores de 25 a 31 p.100 y MOET con 22 a 26 p.100 que en PPIA con 12 a 17 p.100. Si se supone que Ne disminuye a la mitad por una reducción en el tamaño efectivo debido a selección por índice (Keller *et al.*, 1990), los valores de RF para variación genética promedio y mínima serían de 4,6 y 3,5 al año 15, es decir 6 y 7 p.100 menores. El impacto sobre RFM sería mayor, con valores de 3,1 y 1,6 respectivamente. Esto representa disminuciones potenciales de 18 y 20 p.100 respectivamente para variación genética promedio y mínima, respectivamente (tabla III).

Las pruebas de progenie simuladas son óptimas y utilizan inseminación artificial en toda la población, por lo que se puede considerar que es su límite superior, en cambio los esquemas MOET pueden ser mejorados en respuesta usando un mayor número de crías por hembra, incrementando el tamaño del núcleo y usando división de embriones (Nicholas y Smith, 1983). Si la relación beneficio-costos fuese positiva, los esquemas MOET parecen prometedores para mejorar el potencial genético de producción de leche en los caprinos. Si consideramos los problemas prácticos relacionados con la organización de pruebas de progenie, incluyendo los costos de mantener grandes poblaciones en control de producción y genealogía, la falta de fiabilidad de la información obtenida en hatos comerciales, así como la falta de capacitación e interés de los productores en muchos países menos desarrollados para participar en esquemas de control de producción (Mellado, 1991), los núcleos parecen una opción más adecuada para estas condiciones que las pruebas de progenie. Además, este tipo de núcleo

permite un aprovechamiento más adecuado de los recursos institucionales disponibles. Algunos problemas que pueden limitar el desarrollo de los núcleos MOET son el costo elevado de las técnicas usadas, el riesgo de perderlo por una enfermedad o accidente y una posible ineficacia para difundir la superioridad obtenida en ellos a una población más amplia, en especial si las condiciones ambientales del núcleo son diferentes a las de las poblaciones receptoras del germoplasma producido en estos (Ricoardeau *et al.*, 1992). Los núcleos de selección masal compensan sus menores respuestas esperadas con bajos costos y utilización de tecnología sencilla y fácilmente difundible (Montaldo, 1992). Este tipo de núcleos puede ser la base para la estructuración de otro tipo de esquemas; núcleos abiertos cooperativos, núcleos MOET cerrados o abiertos, o bien esquemas multirebaño de control de producción para organizar pruebas de progenie (Ricoardeau *et al.*, 1992). Para poder generalizar estos resultados resulta preciso realizar estudios utilizando poblaciones de distinto tamaño, considerar distintas relaciones núcleo-población, diferentes horizontes de tiempo y procedimientos de selección como núcleos abiertos de selección masal (Montaldo, 1992) y núcleos MOET factoriales y juveniles (Toro y Silió, 1989; Toro *et al.*, 1991).

Otro aspecto que merece un examen posterior es el efecto de la variación en el número de hembras y machos dentro de las familias de hermanos obtenidos por superovulación y de la variabilidad individual en el número de embriones viables por cabra como respuesta a tratamientos superovulatorios únicos y repetidos.

Esta comparación de esquemas per-

mite concluir que los núcleos MOET formados por 512 hembras con 2 machos y 2 hembras vivos a la edad reproductiva por donadora en cada superovulación, son aproximadamente comparables en cuanto a respuestas genéticas para producción de leche con una prueba de

progenie basada en una población de 10000 hembras en control de producción con inseminación artificial. Núcleos de selección masal de 512 hembras permiten un progreso genético anual promedio de un 47 a un 49 p.100 del esperado con pruebas de progenie óptimas.

BIBLIOGRAFIA

- Foote, W. C. 1990.** Biotechnology advances in reproduction and their application to goats. Proc. Intern. Goat Prod. Symp., Florida A&M University, Tallahassee, Florida, October 22-26.
- García, O. 1982.** Genetic analysis of a crossbreeding experiment using improved dairy goat breeds and native goats in a dry tropical environment. PhD Thesis. University of California, Davis, U.S.A.
- Hinks, C. J. M. 1974.** The planning and organization of progeny testing with particular reference to numerically small populations and breeds of dairy cattle. *Z. Tierzuchtg. Zuchtgblot.* 91: 169-175.
- Keller, D. S., W.W. Gearheart and C. Smith. 1990.** A comparison of factors reducing selection response in closed nucleus breeding schemes. *J. Anim. Sci.* 68:1553-1561.
- Lindhé, B. 1968.** Model simulation of AI-breeding within a dual purpose breed of cattle. *Acta. Agric. Scand.* 18: 33-39.
- Mollado, M. 1991.** Avances de la biología reproductiva y sus efectos en el mejoramiento de los animales. En: Memorias de la XXIII Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Producción Animal. 23-26 de octubre de 1991, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila: 142-207.
- Montaldo, H. 1992.** Optimization of milk production response for mass selection nucleus in goats. V International Conference on Goats, 2-8 March 1992, New Delhi, India. Vol 3:435-438.
- Nicholas, F.W. 1980.** The size of population required for genetic programs. *Gen. Res.* 35: 85-91.
- Nicholas, F.W. and C. Smith. 1983.** Increased rates of genetic change in dairy cattle by embryo transfer and splitting. *Anim. Prod.* 36: 341-353.
- Pirchner, F. 1983.** Population genetics in animal breeding. 2nd ed. Plenum Press, New York.
- Ricordeau, G. 1981.** Genetics: breeding plans. In Gall, C. editor. Goat production, London, Academic Press: 111-169.
- Ricordeau, G., G. R. Wiggans, J. M. Serradilla, B. U. Khan, F. Sánchez G. F., A. P. Mavrogenis, R. K. Mishra and E. J. Mantrodi. 1992.** Breeding plans for milk and meat production. V International Conference on Goats, 2-8 March 1992, New Delhi, India. Vol 1:235-253.
- Rönningén, K. 1980.** Expected genetic progress in milk yield in the goat, with special emphasis on Swedish conditions. *Int. Goat and Sheep Res.* 1: 18-40.
- Steine, T.A. 1982.** Principles of selection for milk production in dairy goats. Proc. Third. Int. Conf.

RESPUESTAS A LA SELECCION EN CAPRINOS CON MOET

on Goat Prod. and Dis. Tucson, Arizona, U.S.A.:19-22.

Toro, M. and L. Silló. 1989. Genetic simulation of juvenile MOET breeding schemes in dairy cattle. 40 Annual Meeting of the European Association for Animal Production. Dublin, Ireland, August 27-31. 1989. 8 pp.

Toro, M., L. Silló and M. Pérez-Enciso. 1991. A note on the use of mate selection in closed MOET breeding schemes. *Anim. Prod.* 53:1-5.

Valencia, M. y H. Montaldo. 1991. Mejoramiento genético de caprinos para la producción de leche. En: Memorias, Simposium de Reproduc-

ción y Genética en Caprinos Productores de Leche, 17 a 19 de julio 1991, Cuautitlán Izcalli, Universidad Nacional Autónoma de México: 22-34.

Van Vleck, L.D. 1979. Notes on the theory and application of selection principles for the genetic improvement of animals. Dep. of Animal Sci., Cornell University, Ithaca, N.Y., U.S.A.

Warnes, G. M., Pfltzner, A. P. and D. T. Armstrong. 1982. Embryo transfer procedures in the goat: factors which have a major influence on success rate. In: Proc. Symp. Embryo Transfer in Cattle, Sheep and Goats. Camberra, Australia, May 1981. Austr. Soc. Reprod. Biol: 44-46.

Recibido: 11-4-94. Aceptado: 9-3-95.