ITEA (1996), Vol. **92A N.º 3,** 142-154

MEJORA GENÉTICA APLICADA EN EL CONEJO DE CARNE

E.A. Gómez[1]
M.A. Santacreu[2]

1 Unitat de Cunicultura. Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries

2 Departamento de Ciencia Animal
Universidad Politécnica de Valencia

RESUMEN

Los programas de Mejora Genética en conejos de carne se basan en la selección de líneas especializadas en los núcleos de selección que son utilizadas en un esquema de cruzamiento a tres vías: dos seleccionadas por productividad numérica (tamaño de camada) y una línea seleccionada por velocidad de crecimiento (carácter correlacionado genéticamente con la eficiencia alimentaria).

La respuesta genética anual estimada para el tamaño de camada se sitúa entre 0,04 y 0.15 gazapos destetados por camada. Otras dos alternativas para la mejora del tamaño de camada están siendo evaluadas: la aplicación de una elevada intensidad de selección para la creación de una nueva línea con un esquema de hiperprolíficas y la selección por eficiencia uterina. La eficiencia uterina se define como el máximo número de fetos que un útero es capaz de llevar a término cuando la tasa de ovulación no es un factor limitante.

La respuesta genética anual estimada en las líneas seleccionadas por velocidad de crecimiento es de unos 0,8 g/día durante el período de cebo. El aumento de la tasa de crecimiento parece conducir a un mayor peso adulto y a un menor estado de madurez a peso comercial.

El cruzamiento de las dos líneas maternas permite aprovechar la heterosis en los carácteres reproductivos de la hembra cruzada. El cruce final con el macho terminal o cárnico permite complementar los caracteres de las líneas materna y paterna.

La Unidad de Mejora Genética de la Universidad Politécnica de Valencia y el Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA) han fomentado la creación de Núcleos de Selección Asociados, próximos a los cunicultores. El tamaño promedio de las granjas y las características reproductivas y de manejo permite que los cunicultores realicen la fase de Multiplicación en su propia explotación con las ventajas económicas, logísticas y sanitarias que conlleva.

SUMMARY

Breeding programs in meat rabbits are characterised by the development of specialized lines in selection nucleus farms. A three-line crossbreeding system in widely used by commercial rabbit producers. Two lines are selected for litter size to obtain

crossbed females. Another line is selected for growth rate, a trait very related with feed efficiency.

Genetic response for litter size is between 0,04 and 0,15 young weaned rabbits by litter per year. Two alternative ways to improve litter size are developped. Firstly, the aplication of a high intensity of selection over a large population, in order to create a new line (hyperprolific scheme). Secondly, selection for uterine efficiency. Uterine efficiency is the maximun number of fetuses that a female can be support to birth when ovulation rate is not a limiting factor.

The annual genetic response in lines selected for growth rate is aproximately 0,8 g/day during the growth period. The improvement of growth rate seems to lead to an increase of adult weight and a lower degree of maturity of the rabbit at slaughter.

Crossbreeding of two maternal lines is performed due to the advantage from heterosis of crossbred dams. These crossbred does are mated with a male of a third line. Dams have a good reproduction ability and their offspring have a high growth rate transmitted by the sire line.

Universidad Politécnica de Valencia and Institut de Recerca i Tecnología Agroalimentàries (IRTA) have created selection nucleus farm and helped rabbit association in developping their own selection programs. Average size of the farms and reproductive characteristics of rabbits make possible that farmers can developed the multiplication step in their own farm. This has economic, logistic and sanitary advantages.

Importancia económica de la cunicultura

La producción de carne aportada por el sector cunícola fue de unas 100.000 Tm. en 1994 (un 2,6% de la producción total) (MAPA, 1995a), sin considerar la producción no sacrificada en matadero (producción total estimada en unas 120.000 Tm.). El consumo de carne de conejo per cápita fue de sólo 2,8 kg. en 1993 (MAPA, 1995b), aunque al igual que en la producción se observan mayores valores en la zona mediterránea (RAFEL *et al.*, 1996). Dado que la carne de conejo es una carne de alta calidad dietética (bajos niveles de colesterol y grasa y elevado contenido proteico, (ROSELLÓ, 1990)), una acertada campaña podría favorecer un aumento de consumo en los próximos años.

En conjunto la CEE es deficitaria para la carne de conejo, con un grado de abastecimiento del 95,1% (COMEXT (1992), citado por RAFEL *et al.*(1996)). El hecho de ser una producción sin excedentes hace innecesaria la existencia de penalizaciones por sobreproducción.

Las operaciones de importación-exportación no sirven para regular el mercado interno español, sino que están más relacionadas con los beneficios obtenidos por mayoristas cuando existen diferencias de precio con el exterior.

Razas de interés productivo

Los animales habitualmente empleados para la producción de carne son de formato

medio (peso adulto alrededor de cuatro kilos) y capa blanca. Proceden en su mayor parte de animales de raza Neozelandesa Blanca y California que son las más extendidas. Los caracteres productivos son muy variables y son más dependientes de los orígenes que del estándar de la raza.

Las razas ligeras (peso adulto de 2-3 kg.) como el Pequeño Ruso, el Holandés o el Polonés, ya no se utilizan en la actualidad, debido a su bajo potencial de crecimiento pese a sus características reproductivas. El uso de razas de formato gigante (con peso adulto mayor de 5 kg.), como por ejemplo el Gigante de España, está muy limitado debido a problemas de adaptación al suelo de rejilla de las jaulas comerciales, a problemas de manejo por su elevado peso y a posibles problemas reproductivos.

En la mayoría de los programas de selección en curso, las líneas maternas que dan lugar a la hembra reproductora suelen ser de las razas Neozelandés Blanco y California, o bien sintéticas a partir de estas razas u otras de formato medio. Es frecuente que las líneas orientadas a la producción de machos para el cruce con la hembra reproductora sean sintéticas, con algún aporte de razas gigantes.

Caracteres de interés económico

Los ingresos que perciben los cunicultores se deben principalmente a la venta de los animales de engorde. El peso vivo de sacrificio en el mercado español es alrededor de 1.9 kg. (RAFEL *et al.*, 1995). Los precios de referencia se fijan semanalmente en cinco lonjas repartidas por el estado. En la tabla 1 se muestra la evolución del precio medio anual fijado por la lonja de Bellpuig y el precio de la carne de conejo para el consumidor en el área de Barcelona. Desde 1990 el precio medio anual ha descendido, comparado con los elevados precios alcanzados en 1990-1991 (300 ptas.), por lo que el margen por jaula hembra y año se ha reducido pese a un ligero aumento en 1994 del 4,35% respecto a 1993 (RAFEL *et al.*, 1995).

Los precios fluctúan estacionalmente, en el verano se alcanzan los precios más bajos y en otoño los más altos.

Normalmente, el conejo se vende entero y los consumidores prefieren canales que oscilan entre 1 y 1,1 kg., asociando menor tamaño a ternura. El comprador parece preferir la canal corta y compacta (LÓPEZ, SIERRA y LITE, 1992). La presentación como troceados es ya habitual en grandes superficies; pero un carácter como porcentaje de partes caras de la canal no es importante por el momento.

Los mataderos utilizan como criterios de penalización el rendimiento a la canal y la falta de uniformidad en los pesos.

El mayor coste en una explotación de conejos es la alimentación, que representa entre un 65-75% del total (ARVEUX, 1983). Sólo el período de engorde representa un 40% (BASELGA y BLASCO, 1989). Así, el índice de conversión es el carácter económicamente más importante, pero es costoso de medir tanto en instalaciones como en mano de obra. Cualquier coste adicional es relativamente más importante en conejo, ya que el volumen de negocio en cunicultura es relativamente bajo comparado con otras especies como por ejemplo el cerdo. El carácter velocidad de crecimiento no es en sí un carácter de gran importancia pero las escasas estimas de correlaciones genéticas con el índice de conversión disponibles son negativas variando los valores entre experimentos (rango de -0.19 a -0.99 (BLASCO, 1984)) y es un carácter más barato de medir.

TABLA 1
PRECIOS MEDIOS ANUALES PERCIBIDOS POR EL PRODUCTOR (PTAS./KG. PESO VIVO) Y PAGADOS POR EL CONSUMIDOR (PTAS./KG. CANAL)

	1992	1993	1994	1995
Productor	260	240	257	240
Consumidor	743	678	716	673

La velocidad de crecimiento se incluye como el criterio de selección, siendo una forma indirecta de seleccionar por el índice de conversión.

El carácter reproductivo más importante es el tamaño de camada. Una camada más numerosa significa repartir entre más individuos los costes no derivados de la alimentación del gazapo, que en el conejo son especialmente relevantes (BASELGA y BLASCO, 1989). Las correlaciones genéticas entre el tamaño de camada y los caracteres de crecimiento son bajas y pueden variar de signo según la población considerada (Camacho, 1989).

Los valores medios, la varianza fenotípica y las estimas de heredabilidad de los caracteres de interés: índice de conversión, velocidad de crecimiento postdestete y tamaño de la camada al destete se presentan en la tabla 2.

Los pesos económicos en índices de selección estimados por ARMERO y BLASCO (1992) son de 2.130 ptas. para el tamaño de camada (nº de gazapos nacidos vivos), 188 ptas. para la velocidad de crecimiento postdestete (g./día) y de -238 ptas. para el índice de conversión postdestete (medido en décimas).

TABLA 2
VALORES ORIENTATIVOS DE LA MEDIA (μ),DE LA VARIANZA FENOTÍPICA (σ^2_P), Y DE LA HEREDABILIDAD (h^2) DEL ÍNDICE DE CONVERSIÓN (IC), DE LA VELOCIDAD DE CRECIMIENTO POSTDESTETE (VC(G./DÍA)) Y DEL NÚMERO DE GAZAPOS DESTETADOS (ND).

	μ	σ^2_P	h^2
IC	3,0	0,25	0,30
VC	42	23	0,19
ND	8	8.5	0,10

Organización de la mejora genética

La organización de la mejora genética en conejo es de tipo piramidal, similar al de otras especies prolíficas como el cerdo y las aves.

Los programas de mejora se basan en la selección de líneas especializadas en los núcleos de selección para su posterior utilización en un esquema de cruzamiento a tres vías con dos líneas seleccionadas por tama-

ño de camada al destete y una línea seleccionada por velocidad de crecimiento.

El tamaño de cada una de las líneas seleccionadas oscila alrededor de 100-150 hembras en las de aptitud maternal y entre 80-100 en las de crecimiento. En ambos casos el número de machos oscila entre 20 y 30. El número elevado de machos respecto al de hembras es importante para evitar el rápido aumento de la consanguinidad. A los animales que provienen directamente de las líneas seleccionadas se les denomina abuelos/as, por su parentesco con el producto de matadero. Un núcleo de estas características produce un número de abuelas que cubre la demanda de reproductores de una población de unas 20.000-25.000 hembras.

El cruzamiento de las dos líneas maternas, seleccionadas por tamaño de camada al destete, permite aprovechar la heterosis para los caracteres reproductivos que, en ocasiones, es equivalente a varias generaciones de selección. Un 10% de heterosis en caracteres numéricos representa en torno a 0,8 gazapos más en las hembras cruzadas provenientes de líneas de abuelos seleccionadas. BRUN Y SALEIL (1994) estiman unos valores de heterosis de 15,2%, 20,1% y 6,7% para nacidos totales, nacidos vivos y destetados. Por otra parte, la utilización de hembras cruzadas evita los problemas de la consanguinidad acumulada en las dos líneas maternas seleccionadas (ROUVIER, 1991) y abarata el coste de la reposición. El cruce de la hembra cruzada con el macho terminal permite complementar los caracteres de las líneas maternas (mayor número de gazapos) y paterna (mejor crecimiento).

El número de abuelas necesarias para obtener la reposición de hembras cruzadas es aproximadamente el 10% del total de las hembras reproductoras de una granja de producción. El tamaño medio de las explotaciones industriales en programas de gestión es de unas 300 hembras (RAFEL *et al.*, 1995) y es viable que el ganadero compre abuelos/as al núcleo para realizar el cruce en la propia granja de producción para obtener la hembra cruzada. En estos casos, el número de abuelos que se compra es, generalmente, suficiente para evitar problemas de azar de calidad genética y riesgos de no disponibilidad de abuelos para reponer. Las ventajas de este sistema son múltiples. Por un lado se atenúan los problemas de adaptación de los reproductores, al producirse las madres cruzadas en la propia explotación. Por otro, la entrada de animales del exterior es menor que con la compra de hembras cruzadas.

Programas de selección en curso (I+D)

Desde el sector público se ha realizado un esfuerzo para poner a disposición de los cunicultores un material animal competitivo desde el punto de vista productivo y con cualidades sanitarias satisfactorias, a un precio razonable.

Actualmente se están llevando a cabo dos programas de mejora genética relacionados entre sí, uno desde la Unitat de Cunicultura del Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA) y otro que se desarrolla en la Unidad de Mejora Genética del Departamento de Ciencia Animal de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV). En el Departamento de Producción Animal de la Facultad de Veterinaria de Zaragoza se ha reconstituido una línea de la raza Gigante de España y se están estudiando sus características reproductivas, de crecimiento y canal.

En la actualidad, hay tres líneas de aptitud maternal disponibles. El carácter objeto de selección es en todas ellas el tamaño de camada al destete, que recoge la prolificidad al nacimiento y la capacidad de producción láctea de la hembra.

– Línea A *(abuelo valenciano)* : Desde su constitución en 1980 se han producido 22 generaciones de selección. El método de evaluación genética es un índice de selección con información variable (BASELGA *et al.*, 1984).

– Línea P *(abuela del IRTA)* : Seleccionada desde 1992, en generaciones solapadas. Los valores genéticos se predicen por BLUP, empleando un modelo animal de repetibilidad que utiliza toda la información disponible. Como efectos fijos, el modelo considera la época o lote y el estado en que la hembra se encuentra en el momento de la concepción (lactante o no, tamaño de camada anterior) (GÓMEZ *et al.*, 1996).

– Línea V *(abuela valenciana)* : Ha sido seleccionada durante 19 generaciones, desde 1984. Utiliza un método BLUP para la clasificación de los apareamientos por su valor genético predicho, utilizando la información de las generaciones actual y anterior (ESTANY *et al.*, 1988). Se emplea un modelo animal de repetibilidad, que considera como efectos fijos la estación y el estado fisiológico de la hembra (ESTANY *et al.*, 1989).

Para las líneas especializadas en crecimiento, se emplea un método de selección masal que tiene como carácter objeto de selección la velocidad de crecimiento desde el destete (28-30 días de edad) hasta el momento del sacrificio (60-63 días). En la actualidad, las líneas disponibles son:

– Línea C *(macho terminal IRTA)* : La selección de esta línea comenzó en el año 1983. Hasta noviembre de 1992 se utilizó un criterio mixto de evaluación que consideraba el peso de la camada al destete y el crecimiento postdestete (RAFEL *et al.*, 1990). Desde entonces, se realiza selección individual por velocidad de crecimiento postdestete (entre 30 y 60 días).

– Línea R *(macho terminal valenciano, macho de carne)* : Seleccionada desde 1988 por velocidad de crecimiento en el período de cebo. Esta línea procede de la unificación de dos líneas seleccionadas por el mismo carácter (ESTANY *et al.*, 1992)). Desde el inicio de la selección el período de cebo se ha reducido en más de una semana (10-15 días).

Evaluación de la respuesta

Las respuestas genéticas estimadas en cada una de las líneas se presentan en las tablas 4 y 5. Ninguna de las líneas dispone de población control. El mantenimiento de una población control permite obtener una estima de la respuesta genética pero es costoso y a la larga esta estima puede verse afectada por la deriva genética. Las respuestas presentadas se han considerado a partir de los valores genéticos predichos con BLUP, introduciendo como parámetros genéticos las estimas obtenidas por REML. El problema de este procedimiento es que la estimación de los componentes de varianza es modelo dependiente y la estimación de la respuesta es parámetro dependiente (THOMPSON, 1986).

En conejo, las técnicas de recuperación, congelación, descongelación y transferencia de embriones están suficientemente desarrolladas como para permitir su utilización práctica. La colaboración entre el Laboratorio de Reproducción de la UPV y la

Unidad de Mejora Genética ha permitido crear un banco de embriones de las líneas seleccionadas. En un futuro, este procedimiento permitirá comparar en un momento dado animales de diferentes generaciones de las líneas de selección para estimar la respuesta genética evitando los problemas de deriva genética. Las primeras experiencias realizadas se han centrado en los posibles efectos que el proceso de congelación y descongelación pudiera tener sobre los caracteres productivos. No se han encontrado diferencias para el tamaño de camada entre las hembras procedentes de embriones congelados y hembras control (CIFRE *et al.*, 1995a). Tampoco se han observado diferencias para el carácter peso al destete, sin embargo, los animales del grupo control presentaban una velocidad de crecimiento mayor (1,7 g./día) (CIFRE *et al.*, 1994). Cuando se compararon los descendientes de las hembras del banco de embriones congelados y el grupo control, estas diferencias desaparecieron (CIFRE *et al.*, 1995b).

Para las líneas seleccionadas por velocidad de crecimiento, ESTANY *et al.* (1992) estiman una respuesta de 0,65 y 0,55 g./día por generación (Tabla 4). Los resultados de un estudio de la línea de crecimiento R y las líneas reproductivas A y V después de varias generaciones de selección indican que la línea R tiene un índice de conversión menor (entre 0,2 y 0,4 puntos) que las líneas A y V seleccionadas por tamaño de camada al destete (FEKI *et al.*, 1996). Al inicio del proceso de selección las tres líneas no diferían en velocidad de crecimiento (BLASCO *et al.*, 1983, ESTANY *et al.*, 1992). La línea R presenta una velocidad de crecimiento un 20% mayor y una ingestión diaria de un 12,3% superior a las líneas A y V (FEKI *et al.*, 1996). Un aumento de la velocidad de crecimiento conduce a un mayor peso adulto, lo que a largo plazo podría dar lugar a animales "gigantes" con un aumento del consumo de pienso de los reproductores debido a las mayores necesidades de mantenimiento, a problemas de adaptación al suelo de rejilla y a complicaciones en el manejo.

Los animales de las líneas seleccionadas por crecimiento alcanzan el peso comercial a menor edad. Si comparamos las características de la canal a peso vivo constante, los animales de rápido crecimiento son sacrificados con un grado de madurez inferior: son canales menos grasas, con menor desarrollo del tercio posterior y con un menor rendimiento a la canal acentuado por el mayor peso del paquete intestinal (FEKI *et al.*, 1994).

Las respuestas a la selección para el tamaño de camada al destete se presentan en la tabla 5. En la línea A, el progreso genético estimado tras las primeras 11 generaciones de selección, fue de 0,10 gazapos destetados por camada y generación (BASELGA *et al.*, 1992). En la línea P, este progreso ha sido de 0,11 gazapos destetados por camada y generación (GÓMEZ *et al.*, 1996) y en la línea V el progreso genético estimado fue de 0.03 gazapos destetados por camada y generación tras 8 generaciones de selección (BASELGA *et al.*, 1992)

TABLA 4
RESPUESTA GENÉTICA Y HEREDABILIDAD (h^2) ESTIMADA EN LÍNEAS DE CRECIMIENTO

	Línea B	Línea R
Número de generaciones	12	9
h^2	0,21	0,17
Respuesta estimada (g./49 días)	32	25,7

TABLA 5 RESPUESTA GENÉTICA EN NÚMERO DE GAZAPOS POR GENERACIÓN Y HEREDABILIDAD (h^2) ESTIMADA EN LÍNEAS DE APTITUD MATERNAL

	Línea A	Línea P	Línea V
Respuesta	0,10	0,11	0,03
h^2	0,14	0,04	0,06

Las respuestas genéticas estimadas para el tamaño de camada son más bajas que la respuesta teórica calculada por MATHERON y ROUVIER (1977), aunque ésta no consideraba la reducción de la varianza debida a la selección y al aumento de la consanguinidad. La máxima respuesta observada por GÓMEZ (1994) en un proceso de simulación y empleando un modelo de análisis para la evaluación idéntico al modelo de determinación fue de 0,22 gazapos por generación.

El modelo habitualmente utilizado para la estima de componentes de varianza y para la predicción de los valores genéticos es el modelo animal de repetibilidad. Este modelo no incluye los efectos genéticos maternos ni considera la posible heterogeneidad genética entre partos.

La magnitud de la componente de varianza genética materna, estimada en caracteres reproductivos en conejo, es muy reducida, siendo como máximo un 10% de la componente directa (FERRAZ *et al.*, 1992; Gómez 1994). Por ello, las estimas de las correlaciones genéticas son muy variables y tienen un elevado error de estimación. La influencia sobre la respuesta de no considerar este efecto en el modelo de evaluación se ha estudiado mediante simulación. Con correlaciones genéticas entre efectos directos y maternos elevadas y negativas (<-0,7) la reducción de la respuestas sería mayor del 25% (GÓMEZ *et al.*, 1994).

Se han detectado diferencias en el valor de la heredabilidad estimada para cada parto en una población concreta (línea V). La heredabilidad se reduce a la mitad, del primer al segundo parto, y es prácticamente nula en el tercero. La respuesta obtenida mediante simulación, con un modelo de determinación con heterogeneidad genética entre partos, se redujo en un 10% para valores de heredabilidad de 0,10 y correlaciones genéticas entre partos de 0,8, asumiendo que en el proceso de selección se utilizaba un modelo animal de repetibilidad para la evaluación genética. Con valores reducidos de las correlaciones genéticas entre partos (0,5), la respuesta llegó a reducirse hasta un 30% (GÓMEZ, 1994).

Creación de una nueva línea con un esquema de hiperprolíficas

Un presión de selección menor y una respuesta mayor es posible cuando se dispone de los datos de una población de tamaño elevado. Este procedimiento se ha utilizado en porcino con un éxito esperanzador (BLASCO *et al.*, 1995).

La colaboración entre el Laboratorio de Reproducción y la Unidad de Mejora Genética de la UPV ha permitido la creación de una nueva línea de aptitud maternal (Línea HH). Se ha utilizado la información proporcionada por los programas de gestión técnica para detectar hembras excepcionalmente prolíficas entre una población de 10 a 15.000 animales. Se seleccionaron las hembras que cumplían que su número de nacidos vivos estaba por encima del percentil 99

(GARCÍA-XIMÉNEZ *et al.*, 1996). La vitrificación de embriones permitió almacenarlos hasta que la población seleccionada fue reconstituida con éxito.

La respuesta esperada según el criterio preestablecido sería mayor de 0,84 gazapos (GARCÍA-XIMÉNEZ *et al.*, 1996). En un primer estudio, las hembras de la línea HH presentaban 1,5 óvulos más que las líneas descritas anteriormente A, V y R (CIFRE *et al.*, 1994). En la actualidad se está procediendo a la comparación de las hembras de esta línea con hembras de la línea V y con hembras cruzadas (A x V), tanto en caracteres reproductivos como en crecimiento. Los primeros resultados apuntan a que la línea HH presenta un tamaño de camada al nacimiento superior a la línea V y al grupo de hembras cruzadas (CIFRE *et al.*, 1996). Para el resto de caracteres reproductivos no se observan diferencias significativas entre los tres tipos de hembras. Para los caracteres de crecimiento, los animales de la línea HH presentan un mayor peso al destete (22,5 ± 9,15 g.) y a la edad de sacrificio (67,5 ± 22,43 g.) y una mayor ganancia diaria de peso (1,29 ± 0,43 g./día) (CIFRE *et al.*, 1996).

Selección divergente por eficiencia uterina

Como vías alternativas a la selección por tamaño de camada, se han propuesto planes de selección indirecta ,considerando caracteres con mayores heredabilidades y con correlaciones genéticas elevadas con el tamaño de camada. La tasa de ovulación (número de óvulos liberados) y la supervivencia prenatal (porcentaje del número de óvulos fecundados que llegan al nacimiento) han centrado los trabajos de varios grupos de investigación tanto en cerdo como en conejo (BLASCO *et al.*, 1993).

El escaso éxito obtenido en los experimentos de selección por tasa de ovulación en cerdo ha llevado a que el interés se centre en uno de los componentes de la supervivencia prenatal, la eficiencia uterina. Ésta se ha definido como el máximo número de fetos que un útero es capaz de llevar a término cuando la tasa de ovulación no es un factor limitante. Para que pueda expresarse es necesario que haya un gran número de embriones presentes en el útero. En conejo, una forma sencilla e irreversible de aumentar el número de embriones en un útero es practicando una ovariectomía unilateral. Al extirpar un ovario, el ovario remanente, por el fenómeno de compensación ovárica, duplica por término medio su tasa de ovulación. Como en la coneja la anatomía del tracto reproductivo impide la migración, basta con la extirpación de un ovario para que el cuerno uterino contralateral reciba un número elevado de embriones pudiendo expresar así su eficiencia uterina.

El objetivo del experimento de selección divergente por eficiencia uterina es conocer la determinación genética de este carácter y sus relaciones genéticas con otros caracteres de interés. El criterio de selección en estas líneas es el tamaño de camada al nacimiento en hembras con un sólo ovario (hembras ULO). Los valores genéticos se predicen con un BLUP, empleando un modelo animal de repetibilidad.

Los primeros resultados de los análisis de siete generaciones indican que la selección por eficiencia uterina ha tenido éxito: se han detectado diferencias entre las dos líneas divergentes de 1,1 gazapos al nacimiento en hembras ULO y de 1,2 en hembras intactas (ARGENTE *et al.*, 1996). Estas diferencias en tamaño de camada parecen estar asociadas a diferencias en el número de embriones que las hembras son capaces de implantar mas que con la supervivencia fetal. A la finaliza-

ción del experimento de selección se evaluará la eficacia de esta alternativa frente a la selección directa por tamaño de camada.

Difusión / transferencia de la mejora genética

La evolución técnica de las explotaciones se ha visto acompañada de una mayor exigencia de calidad genética de los animales empleados en el proceso productivo. La autorreposición completa de hembras y la entrada esporádica de machos del exterior ha quedado obsoleta en la producción industrial.

En explotaciones de tamaño medio (más de 150 hembras), una solución adecuada, como se ha comentado anteriormente, es la compra de abuelos de una línea y abuelas de otra línea para realizar el cruce en la propia explotación y la compra de machos para el cruce terminal. Esta alternativa plantea una serie de problemas como son: el coste de los animales mejorados, la adaptación de los animales a las condiciones de la granja, la posible introducción de patógenos y el aprovisionamiento periódico desde un esquema de mejora fiable

Durante años, el origen de los reproductores selectos fue Francia, debido al carácter empresarial de su distribución con animales de marca comercial y con el respaldo investigador proporcionado por el Institut National de la Recherche Agronomique. Esta situación se ha modificado, incrementándose la cuota de mercado de líneas seleccionadas en España, debido fundamentalmente a su competitividad productiva y a sus precios.

En el mercado de venta de reproductores, hay empresas que no tienen un programa de selección y que se dedican simplemente a multiplicar un material genético, lo que no asegura un progreso genético continuo por selección. La escasa oferta fiable a un precio razonable de reproductores y la posibilidad de que la etapa de multiplicación la realice el propio ganadero hace que el asociacionismo se esté fomentando para crear núcleos de selección. Un ejemplo de esta tendencia es la creación de varios núcleos con el asesoramiento genético del Departamento de Ciencia Animal o las granjas de multiplicación asociadas al núcleo de la Unitat de Cunicultura del IRTA.

La creación de un núcleo de las características señaladas anteriormente, en cuanto a número de líneas de selección implicadas en los cruces (dos de aptitud maternal y una tercera de crecimiento) y tamaño de las líneas cubre la demanda de una población de 20 a 25 mil hembras, así cooperativas o explotaciones privadas pueden solucionar los problemas de aprovisionamiento de una determinada zona.

Debido a la proximidad entre el núcleo de selección y la granja de producción, el abastecimiento de reproductores (especialmente abuelas) puede planificarse mejor que si se precisa un largo desplazamiento para recoger un lote de animales. Se reduce así la probabilidad de que los animales provengan de un lote problemático y se aprovecha de forma actualizada la mejora alcanzada en el núcleo. Por otra parte, se reducen los problemas de adaptación. A la larga, debido a que los animales de entrada proceden del mismo sitio se produce un trasvase de microbismo. Las ventajas sanitarias de este esquema vienen dadas por la aplicación de programas sanitarios comunes, y que, en el núcleo, son llevados a cabo con el máximo rigor.

Este esquema de difusión no precisa de complejas estructuras logísticas ni organizativas, por lo que los sobrecostes del proceso de distribución son muy reducidos si comparamos con estructuras de tipo comercial. Los costes de producción pueden ser del orden de un 40% superiores a los de una granja de producción equivalente (BASELGA y BLASCO, 1989). Una parte de estos gastos se deben al sobredimensionado de la reposición (el número de machos es mayor y además es necesario asegurar cada uno de los orígenes guardando al menos un macho reserva), a que los criterios de eliminación por motivos sanitarios son muy estrictos y a que la permanencia es menor que en una granja comercial para acortar el intervalo generacional. Otra parte de los gastos se originan por la contratación a tiempo parcial de un genetista y de un ingeniero técnico y por el tiempo invertido en realizar las medidas necesarias para poder evaluar a los animales. Los registros que se deben tomar son el tamaño de camada, en el caso de las líneas maternas, y los pesos al destete y al sacrificio en la línea de crecimiento. Otros trabajos adicionales son la identificación de todos los individuos en el momento del destete, el registro de la genealogía y la planificación de los apareamientos para evitar en lo posible el aumento de la consanguinidad.

El precio de venta de los animales producidos por el núcleo va a depender de los extracostes mencionados y del porcentaje de animales que se vendan como reproductores y del que vaya al matadero. Este porcentaje será en función del número de clientes y de la periodicidad de las entregas. Con una venta del 50% de los reproductores potenciales que produce el núcleo, y evitando los gastos de representación y publicidad, el coste de éstos se incrementaría en un 130% respecto al precio normal de un animal de carne (BASELGA y BLASCO, 1989).

Una alternativa más práctica y sencilla que facilita que se vendan la mayor parte de los animales mejorados es que la granja de selección próxima a los cunicultores de una zona disponga de una de las líneas maternas de selección, la de abuelas maternales del cruce, comprando en otro núcleo de confianza los machos de la otra línea materna (abuelos maternos) y los machos de carne para el cruce terminal. Así, el precio de los animales mejorados no tiene que ser elevado y puede ser asequible para la mayoría de los cunicultores.

La Unidad de Mejora Genética de la U.P.V. gestiona en la actualidad cinco núcleos de selección asociados distribuidos por Murcia, Comunidad Valenciana, Cataluña y Aragón, en los que se selecciona una de las líneas maternales, con la misma metodología que el núcleo de Valencia. Los machos de la otra línea materna y los machos de carne son suministrados por el núcleo de Valencia periódicamente y en alguno de los núcleos asociados se multiplican según las necesidades de la zona.

La Unitat de Cunicultura del IRTA dispone de una red de granjas multiplicadoras de la línea de crecimiento en Cataluña y en Aragón, que renuevan anualmente su población con animales procedentes del lote de selección, y que son las que se encargan de la difusión de los machos terminales. La venta de abuelos/as maternales (Líneas V y P) se realiza directamente a los cunicultores desde el núcleo (Prat de Llobregat). Los abuelos (Línea V) son suministrados desde el núcleo de Valencia. Próximamente quedará constituido el primer núcleo de selección asociado.

La importancia en cunicultura de la realización de un cruce a tres vías radica en que la selección especializada en cada una de ellas permite al cunicultor disponer, por un

lado, de dos líneas seleccionadas para caracteres reproductivos para obtener una hembra cruzada, con un importante nivel de heterosis y, por otro, utilizar un macho terminal seleccionado por velocidad de crecimiento. Sin embargo, esta propuesta no ha sido evaluada productivamente con las líneas desarrolladas en nuestro país, existiendo poca información sobre los resultados de los animales cruzados. En este momento ya ha comenzado un proyecto de investigación cuyos objetivos son la caracterización productiva de los diferentes cruces, para definir tanto el mejor cruzamiento entre líneas maternales para producir la hembra cruzada, como la línea de crecimiento a utilizar como línea de macho de carne.

Referencias

ARGENTE, M.J.; SANTACREU, M.A.; CLIMENT, A.; BLASCO, A. 1996. "Selection for uterine efficiency in rabbits". *VI World Rabbit Congress.* Vol 2: 241-244. Toulouse, 9-12 de julio de 1996.

ARMERO, Q.; BLASCO, A. 1992. "Economic weights for rabbit selection indices". *J. Appl. Rabbit Res.*, 15: 637-642.

ARVEUX, P. 1983. "Rentabilité de l'élevage cunicole". *Cuniculture* 51: 156-158.

BASELGA, M.; BLASCO, A.; ESTANY, J. 1984. "Índice de selección de caracteres reproductivos con información variable". *III World Rabbit Congress;* Vol 1: 62-65. Roma, 4-8 de abril de 1984.

BASELGA, M.; BLASCO, A. 1989. "Mejora Genética del Conejo de Producción de Carne". Ed. Mundi-Prensa. 110 pp.

BASELGA, M.; GÓMEZ, E.A.; CIFRE, J.; CAMACHO, J. 1992. "Genetic diversity of litter size between parities in rabbits". *J. Appl. Rabbit Res.*, 15: 198-205.

BLASCO, A. 1984. "Genética y nutrición del conejo". En Alimentación del conejo, coordinada por C. de Blas. Ed. Mundi-Prensa

BLASCO, A.; BASELGA, M.; GARCÍA, F. 1983. "Análisis fenotípico de caracteres productivos en el conejo de carne". I-Caracteres de crecimiento. *Arch. Zootech.*, 32: 111.

BLASCO, A. 1995. "Estado actual de la investigación en mejora genética del conejo de producción de carne". *VII Jornadas Técnicas de Cunicultura.* Expoáviga 1995.

BLASCO, A.; BIDANEL, J.P.; BOLET, G.; HALEY, C.; SANTACREU, M.A: 1993. "The genetics of prenatal survival of pigs and rabbits: a review". *Livestock Prod. Sci.* 34: 163-174.

BRUN, J.M.; SALEIL, G. 1994. "Une estimation, en fermes, de l'heterosis sur les performances de réproduction entre les souches de lapin INRA 2066 et A1077". *VI Journées de la Recherche Cunicole,* Vol 1: 203-207. La Rochelle.

CAMACHO, J. 1989. "Estimación de correlaciones genéticas entre caracteres reproductivos y de crecimiento en conejos. *Tesis Doctoral". Universidad Politécnica de Valencia.*

CIFRE, J.; VICENTE, J.S.; BASELGA, M.; GARCÍA-XIMÉNEZ, F. 1994. "Ovulation rate in lines of rabbits selected on different criteria". *Options Mediterranéennes* 8:247-250.

CIFRE, J.; BASELGA, M.; GÓMEZ, E.A.; TORRES, R. 1995a. "Evaluación de la respuesta a la selección: efecto de la crioconservación de embriones sobre caracteres reproductivos en conejo de carne". *ITEA,* 16-Tomo 1:254-256.

CIFRE, J.; BASELGA, M.; GÓMEZ, E.A.; TORRES, R. 1995b. "Evaluación de la respuesta a la selección: efecto de la crioconservación de embriones de conejos en caracteres de crecimiento de su descendencia". *5ª Conferencia Española de Biometría:* 51-54.

CIFRE, J.; BASELGA, M.; GARCÍA-XIMÉNEZ, F.; SALVADOR, J.S. 1996. "A study of reproductive and growth traits of a maternal line founded by selection of hyperprolific does". *VI World Rabbit Congress,* Vol 2: 265-268. Toulouse, 9-12 de julio de 1996.

ESTANY, J.; BASELGA, M.; BLASCO, A.; CAMACHO, J. 1989. "Mixed model methodology for the estimation of genetic response to selection in litter size of rabbits". *Livest. Prod. Sci.*, 21: 67-75.

ESTANY, J.; CAMACHO, J.; BASELGA, M.; BLASCO, A. 1992. "Selection response of growth rate in rabbits for meat production". Genet. Sel. Evol., 24:527-537.

FEKI, S.; GÓMEZ, E.A.; BASELGA, M.; CIFRE, J. 1994. "Differences in carcass composition in three rabbit lines selected for different traits". *V WCGALP, Vol XIX:* 205-208. Guelph.

FEKI, S.; BASELGA, M.; BLAS, E.; CERVERA, C.; GÓMEZ E.A. 1996. "Comparison of growth and feed efficiency among rabbit lines selected for different objectives". *Livest. Prod. Sci.*, 45:87-92.

FERRAZ, JBS.; JHONSON, R.K.; VAN VLECK, L.D. 1992. "Estimation of genetic trends and genetic parameters for reproductive and growth traits of rabbits raised in subtropics with animal models". *J. Appl. Rabbit Res.* 15:131-142.

GARCIA-XIMÉNEZ, F.; VICENTE, J.S.; CIFRE, J.; BASELGA M. 1996. "Foundation of a maternal line using hysterectomie and embryo cryopreservation". *VI World Rabbit Congress,* Vol 2: 285-288. Toulouse, 9-12 de julio de 1996.

GÓMEZ, E.A. 1994. "La selección del tamaño de camada en el conejo de carne: influencia de los efectos maternos y de la heterogeneidad genética entre partos". *Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.*

GÓMEZ, E.A.; BASELGA, M.; CIFRE, J. 1994. "Influence des effets maternels sur la sélection de la taille de la portée chez le lapin". *6èmes Journées de la Recherche Cunicole.* Vol 1: 217-224. La Rochelle.

GÓMEZ, E.A.; RAFEL, O.; RAMON, J.; BASELGA, M. 1996. "A genetic study of a line selected on litter size". *VI World Rabbit Congress.* Vol 2: 289-292. Toulouse, 9-12 de julio de 1996.

LÓPEZ, M.; SIERRA, I.; LITE, M.J. 1992. "Carcass quality in Gigante de España purebred and commercial cross-bred rabbits". *Options Méditérranéennes,* 17: 75-80.

M.A.P.A. 1995a. VII Boletín mensual de estadística.

M.A.P.A. 1995b. La alimentación en España.

MATHERON, G.A.; ROUVIER R. 1977. "Optimisation du progrés génétique sur la prolificité chez le lapin". *Ann. Genet. Sel. Anim.* 9:393-405.

RAFEL, O.; TRAN, G.; UTRILLAS, M.; RAMON, J.; PERUCHO, O.; DUCROCQ, V.; BOSCH, A. 1990. "Sélection pour un objectif global (poids de la portée à 60 jours) en générations chevauchantes dans une lignée blanche synthétique de lapins. Etude de la variabilité non génétique de la taille et du poids de portée à differents stades. Options Méditerranéennes, A-8: 75-82.

RAFEL O., RAMON J., GÓMEZ E.A. 1995. Gestión técnico económica. Resultados España 1994. Boletín de Cunicultura, 18(6): 24-29.

RAFEL O., RAMON J., GÓMEZ E.A. 1996. Meat rabbit production in Spain. VI World Rabbit Congress, Vol 3: 407-410. Toulouse, 9-12 de julio de 1996.

ROSELLÓ M.J. 1990. El conejo, carne alternativa y de calidad. XV Symposium de Cunicultura, 9-12. Murcia.

ROUVIER R. 1991. L'amèlioration génétique du lapin de chair par selection et croisement. Une synthèse de résultats sur le progrés génétique pour la taille de portée et la vitesse de croissance post-sevrage. I.T.E.A., 87A:199-209.

THOMPSON, R. 1986. "Estimation of heritability in a selected population using mixed model methods". *Genet. Sel. Evol.,* 18: 475-484.