

MEJORA GENÉTICA DEL CONEJO DE CARNE. LA EXPERIENCIA ESPAÑOLA

Manuel Baselga¹

Agustín Blasco¹

María A. Santacreu¹

RESUMEN

En el presente trabajo se discute, en función del tipo de cunicultura y las posibilidades de organización del entorno productivo al que se dirige la mejora, qué tipo de animales o líneas y cruces son convenientes desarrollar. La primera cuestión relacionada con ellas es la de su fundación, que va a determinar el punto inicial de su capacidad productiva y especialización. Se ejemplifican diversas alternativas para enfrentar el problema de la fundación. A continuación, se trata de la selección de las líneas disponibles en el programa de mejora, distinguiendo si se trata de líneas paternas, maternales o multipropósito y se presentan las respuestas obtenidas en los programas y experimentos analizados, tanto respuestas en las líneas, como las respuestas en el cruzamiento. De este modo se obtiene una idea de lo que puede ser razonable progresar, generación por generación, desde el momento inicial o de fundación de las líneas. Finalmente se discute cómo organizar la difusión de la mejora, para que ésta llegue del núcleo de selección a los cunicultores, ejemplificándose con dos modelos muy diferentes: el francés y el español. Respecto al aprovechamiento de la mejora genética por parte de los cunicultores se señalan algunos aspectos sobre los que el cunicultor debe tener un sentido especialmente crítico como son los relativos a la sanidad de los animales que va a introducir en su granja, a los problemas de adaptación, a su capacidad productiva y al programa genético que los desarrolla.

1

INTRODUCCIÓN

La mejora genética animal, independientemente de la especie a la que se refiera, exige una dedicación continua y permanente de recursos humanos y materiales, que debe plantearse con una perspectiva a medio y largo plazo. En este sentido, y en lo que concierne al conejo de carne, es importante saber qué tipo de animal va a ser el más conveniente a utilizar en el entorno productivo en el que se va difundir la mejora, es decir, si las características de dicho entorno exigen el uso de razas o líneas puras como tales, o si permiten el uso más o menos intenso de animales cruzados. En función de la respuesta a la cuestión anterior, quedarán definidas las características iniciales

deseables y los objetivos de selección de la línea de animales que van a ser objeto de mejora. En relación con ello deben tratarse las alternativas posibles para fundar nuevas líneas, la metodología de selección, las mejoras esperables conforme la selección se va aplicando y formas sencillas de organizar la mejora y de hacerla llegar a los productores.

El presente trabajo va a tratar los puntos anteriores y, en lo que concierne a los aspectos aplicativos, va a ejemplificarlos con lo hecho en España desde 1976. En ese año, la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) y el Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA), iniciaron el desarrollo de líneas especializadas de conejos, con el objetivo de que fueran competitivas interna-

¹Instituto de Ciencia y Tecnología Animal. Universidad Politécnica de Valencia. España.

cionalmente para la producción de carne, y formaron conjuntamente una red de difusión de las líneas que permitiese su uso a los productores de una forma sencilla, transparente, con mínimos riesgos sanitarios y económicamente aceptable. Un punto de interés de la experiencia española es que lo que se inició en 1976 sigue activo y potenciado en el momento actual. En el mundo, sólo el programa francés, iniciado por el INRA y actualmente también activo, se inició antes que el español. Fue en 1969 cuando iniciaron el desarrollo de sus líneas especializadas (Rouvier, 1981). Posteriormente, diversas instituciones públicas en el mundo se han implicado en el desarrollo de líneas de conejos con interés para la producción y detalles de las mismas pueden verse en Baselga (2004) y en Garreau *et al.* (2004).

TIPOS DE ANIMALES: CRUZADOS O NO CRUZADOS

Desde un punto de vista productivo los dos tipos de animales más importantes en una granja de producción son las hembras y los gazapos que, tras su cebo, son sacrificados para obtener carne. Es necesario que las hembras sean eficientes produciendo gazapos destetados y que estos gazapos crezcan rápidamente y aprovechen bien el pienso durante el cebo.

Un programa de mejora debe orientar sus objetivos fundamentales a conseguir eficiencia en los dos tipos de animales mencionados. Ello podría abordarse con animales pertenecientes a una sola raza o línea de conejos en cuyo caso, tanto las hembras como los gazapos no serían cruzados. En este caso la raza o línea elegida debiera tener rendimientos reproductivos y de crecimiento aceptables y concentrar en su programa de mejora ambos objetivos. Esta solución, de razas o líneas multipropósito, tendría ventajas organizativas en la difusión de la mejora a los cunicultores, en el sentido que bastaría ir introduciendo en la granjas comerciales machos o semen de las generaciones recientes del programa de selección. Por eso, esta solución puede ser la conveniente cuando el tipo de cunicultura predominante

en el país o región sea de pequeña escala, haya dificultades para que los cunicultores sean capaces de comprar el reemplazamiento de machos y hembras del exterior, y el destino de la producción sea fundamentalmente el consumo familiar o la venta en pequeños mercados locales, no vislumbrándose una evolución de este tipo de producción a otro de mayor escala en un plazo breve (Khalil y Bolet, 2010).

Otra solución, intermedia entre la anterior y la que se adopta para cuniculturas más desarrolladas, es utilizar hembras de una línea o raza de tipo maternal, eficiente reproductivamente, que al aparearse con machos pertenecientes a una línea paternal, de buenas características de crecimiento, producen gazapos cruzados. Es lo que se denomina cruzamiento simple. Esta alternativa permite la difusión de la mejora, introduciendo machos o semen de la línea maternal, para obtener las hembras de reemplazo, y machos o semen de la línea paternal para producir los gazapos.

El modo habitualmente elegido, en especies prolíficas como el cerdo y el conejo, es desarrollar líneas de animales que permitan el cruzamiento doble o de tres vías. En éste, el primer cruce es el apareamiento de hembras de una línea maternal, con machos de otra línea maternal para obtener las hembras cruzadas. El segundo cruce consiste en aparear las hembras cruzadas obtenidas en el primero con machos de una tercera línea. Esta línea, de tipo paternal, generalmente se selecciona por velocidad de crecimiento postdestete o por el peso a una edad próxima a la edad de sacrificio. El resultado de este segundo cruce son los gazapos destinados al cebo para producir carne. El propósito del cruce entre las líneas maternas es abaratar las hembras usadas en las granjas como reproductoras, puesto que el coste de mantener el núcleo de selección se divide entre las hembras cruzadas producidas; aprovechar la heterosis positiva esperada en los caracteres reproductivos; aprovechar la eventual complementariedad entre ambas líneas; y finalmente hacer desaparecer la consanguinidad en las hembras cruzadas, puesto que la consanguinidad se va acumulando dentro de las líneas que se mantienen cerra-

das reproductivamente. Se espera que la heterosis inicial expresada en el cruce se mantenga a lo largo de las generaciones de selección y se siga sumando a los progresos de la selección dentro de las líneas. En Francia, desde 1969, el INRA (SAGA, Toulouse) selecciona dos líneas maternas por caracteres de tamaño de camada, llamadas A2066 y A1077 y de su cruce se obtiene la hembra cruzada 1067. Brun y Saleil (1994) estimaron la heterosis en el cruce de estas líneas, en un experimento realizado en condiciones de granja comercial. Obtuvieron valores del 15,2 %, 20,1 % y 6,7 % para nacidos totales, nacidos vivos y número de destetados por camada. Los autores explican el bajo valor de la heterosis estimada para el número de destetados como consecuencia de la práctica de los cunicultores de eliminar algún recién nacido en las camadas más numerosas. No obstante los valores anteriores son importantes, pues prueban que la heterosis se mantiene pese a que las líneas llevaban, en el momento de realizar este experimento, un elevado número de generaciones de selección. La heterosis entre la línea V (línea maternal, UPV, España) y la A2066 para los caracteres nacidos totales y nacidos vivos por camada fue estudiada por Brun *et al.* (1998), obteniéndose heterosis del 13,6 % y 20,7 % para dichos caracteres. Para estos mismos caracteres, Baselga *et al.* (2003), en los cruces simples entre las líneas maternas, A, V y H de la UPV vieron que la heterosis estimada oscilaba entre 0,45 y 0,95 gazapos (4 y 10 %). Orengo *et al.* (2003) han estudiado los cruces entre las líneas A, V y Prat (IRTA, España) encontrando heterosis para los caracteres de tamaño de camada entre el 7 y el 16 %. Igualmente se han encontrado heterosis positivas para caracteres reproductivos en los cruces de la línea V con razas de conejos egipcias y saudíes (Al-Saef *et al.*, 2008; Iraqi *et al.*, 2010) y para tamaño de camada (Ragab, 2012) y longevidad funcional en los cruces de cuatro líneas maternas españolas (Ragab *et al.*, 2011).

En el cruce terminal, entre la hembra cruzada y el macho de la línea paternal, la complementariedad juega una importancia extrema, en el sentido de que la hembra cruzada debe tener un rendimiento reproductivo so-

bresaliente, mientras que la línea paternal debe de tenerlo en crecimiento, eficiencia alimenticia y caracteres de la canal.

En la alternativa del cruzamiento doble la difusión de la mejora requiere, como ya hemos sugerido anteriormente, una organización mayor y será tratada más adelante.

DESARROLLO DE LÍNEAS

En el marco del cruzamiento simple o doble, el desarrollo de líneas maternas y paternas es una actividad central de un programa de mejora genético (Baselga, 2004; Garreau *et al.*, 2004), mientras que si en la producción va a utilizarse una única línea, ésta debería ser multipropósito y en sus objetivos de selección deberían equilibrarse caracteres reproductivos y de crecimiento (Moura *et al.*, 2001; Gacem *et al.*, 2008).

Una visión más detallada del esfuerzo desarrollado en la selección de líneas maternales, puede verse en Garreau *et al.* (2004).

Fundación

La primera cuestión que se plantea respecto a las líneas que van a formar parte de un programa de selección es la de la disponibilidad de las mismas y, en caso de que no se disponga de ellas como tales, ¿qué procedimientos y criterios pueden seguirse para su constitución o fundación? Este punto es sumamente importante pues define el nivel de partida del programa, sobre el que se van a acumular las respuestas que obtengamos con la selección subsiguiente.

Antes de indicar las alternativas de fundación, es conveniente puntualizar qué se entiende por línea, a efectos de la mejora genética animal. Las líneas son poblaciones de animales que se reproducen en su núcleo de selección y que, en el caso de los conejos, suelen estar compuestas por un número de 20-25 machos y de al menos 80-100 hembras. El tamaño máximo raramente excede de 250-300 hembras y 50 machos. Su aislamiento reproductivo, el tamaño reducido de la población y la aplicación repetida de un programa de selección tienen como consecuencia que, dentro de estas pobla-

ciones, los animales sean mucho **más uniformes** que dentro de una raza. Por otra parte, a través de la fundación de estas poblaciones, como vamos a explicar, y de los objetivos del programa de selección se consigue su **especialización productiva**.

En el pasado, el modo más común utilizado para fundar una línea consistía en obtener muestras de animales de una o de varias de las razas existentes que se considerasen adecuadas para la producción de conejo de carne (Lukefahr *et al.*, 1996). Estas muestras de animales se apareaban entre sí durante dos o tres generaciones para dar oportunidad de recombinación entre el material genético de los distintos orígenes, obteniendo una nueva población de pequeño tamaño que se consideraba la población fundadora de la nueva línea (Khalil y Baselga, 2002). Este procedimiento, seguido para fundar la línea A de la UPV (Ragab y Baselga, 2011) no es difícil de realizar, pero está expuesto a algunos problemas importantes. Uno de ellos puede derivarse de la gran diversidad de animales y poblaciones que existen dentro de una raza. Esto significa que los animales fundadores pueden haberse muestreado de poblaciones de la raza que son genéticamente pobres para los caracteres de interés y, consecuentemente, el nivel de partida de la nueva línea será bajo y no competitivo. Otro problema que puede aparecer es de tipo sanitario, pues hay que reunir y aparear en una misma granja los animales fundadores, que proceden de un número relativamente elevado de granjas. Cada una de estas tiene un microbismo particular, que si bien puede ser aceptable aisladamente, al reunirse el de todos los orígenes pueden surgir importantes problemas sanitarios. Este último problema puede evitarse practicando histerectomías u otras técnicas como la congelación de embriones y su posterior transferencia (García-Ximénez *et al.*, 1996).

Seguidamente comentamos dos alternativas al procedimiento anteriormente descrito para fundar nuevas líneas. En ambos casos, el primer aspecto es definir la especialización deseada para la línea. La primera alternativa intenta encontrar dos o tres poblaciones, sin importar su origen genético (raza pura, líneas sintéticas o cruzados), que

sean claramente sobresalientes para los caracteres importantes en la especialización deseada de la línea (Baselga, 2002). El siguiente paso consiste en obtener animales de estas poblaciones y aparearlos entre ellos, sin hacer selección, durante dos o tres generaciones. Este es el procedimiento que se siguió para fundar la línea V (UPV). La segunda alternativa se fundamenta en aplicar altas intensidades de selección para caracteres de interés en poblaciones muy grandes (por ejemplo, poblaciones comerciales). Ilustramos el procedimiento detallando la fundación de la línea H (UPV). Está basado en la detección de hembras llamadas hiperprolíficas, buscándolas en el conjunto de granjas comerciales de España. Una coneja se consideraba hiperprolífica si tenía un parto con 17 o más nacidos vivos, o si el número acumulado de nacidos vivos en el conjunto de todos sus partos permitía clasificar a esa hembra dentro del 1 % mejor. El primer paso del procedimiento fue el obtener descendencia masculina de un primer grupo de hembras hiperprolíficas (20 montadas con machos normales (9 machos, pertenecientes a la línea V). En el segundo paso, los machos obtenidos en el primero, montaron a un segundo grupo, más numeroso, de hembras hiperprolíficas, con el fin de ir acumulando en su descendencia genes favorables para la prolificidad. Este proceso de acumulación puede continuarse con un tercer y sucesivos pasos, en los que la descendencia masculina del paso anterior, monta a nuevos grupos de hembras hiperprolíficas. Sin embargo, en la constitución de la línea H la descendencia del segundo paso se consideró la población fundadora (generación 0). En esta alternativa, en la que se utilizan animales procedentes de muchas granjas, los problemas sanitarios pueden ser graves y se evitaron realizando histerectomías en el primer paso y congelación de los embriones producidos en el segundo (García-Ximénez *et al.*, 1996). Tras descongelar y transferir estos embriones se obtuvieron 474 conejos de la generación 0. Estos se utilizaron para mantener la línea y para estudios de comparación de la nueva línea (H) con la línea V y con hembras cruzadas AxV. La comparación fue favorable para la línea H (Cifre *et al.*, 1998a, 1998b) y después de tres generacio-

nes sin selección, se inició su programa de selección por número de nacidos vivos por camada, criterio que se ha cambiado al número de destetados a partir de la séptima generación de selección. La misma alternativa se ha aplicado para fundar la línea LP (UPV), para la que el criterio de búsqueda de hembras sobresalientes en las granjas comerciales era la hiperlongevidad y una prolificidad por encima de un umbral (hembras con más de 28 partos y prolificidad por encima de 7.5 gazapos). En este caso, en lugar de dos pasos se hicieron tres. Sánchez *et al.* (2008) describen con detalle el proceso de fundación de la línea LP y su comparación con la V, poniendo de manifiesto, de nuevo, la utilidad del procedimiento de las elevadas intensidades de selección para fundar líneas. En este caso, la línea LP se ha mostrado especialmente resistente frente a desafíos ambientales relacionados con el manejo, temperatura, alimentación o respuesta inmunitaria (Theilgaard *et al.*, 2009; Saviotto *et al.*, 2012; Ferrián *et al.*; 2013).

Ragab y Baselga (2011) han analizado las diferencias en la fundación entre las líneas A, V, H y LP, evidenciándose diferencias importantes en prolificidad entre la línea A y las restantes, a favor de éstas, que se explicaron por las diferencias en el procedimiento de fundación. En el caso de la línea A, se siguió el primero de los procedimientos indicados, basado en aceptar la raza, en su caso Neozelandés Blanco, como un indicador útil de capacidad productiva.

Selección

Una vez que se han fundado las líneas de un programa de mejora, o se dispone de ellas, el paso siguiente es iniciar su programa de selección. Es necesario distinguir la selección de las líneas paternas, de la de las maternas. Las paternas son comúnmente seleccionadas por ganancia diaria de peso posdestete (Rochambeau *et al.*, 1989; Estany *et al.*, 1992; Gómez *et al.*, 2002) o por un peso a un tiempo próximo a la edad del sacrificio para carne (Lukefahr *et al.*, 1996; Larzul *et al.*, 2003a). Estos caracteres son muy fáciles de medir y tienen una correlación genética negativa y favorable con

el índice de conversión (Moura *et al.*, 1997; Piles *et al.*, 2004) lo que es muy importante para una producción eficiente. El índice de conversión no se utiliza directamente, pese a la importancia de los costes de alimentación (Cartuche *et al.*, 2013) porque es caro de medir individualmente. Si se utilizan las jaulas colectivas, en las que comúnmente se realiza el cebo, se requerirían dispositivos electrónicos automáticos de identificación y control individual del consumo, que serían caros y actualmente no disponibles para conejos. Si los conejos se alojan en jaulas individuales, el control del consumo puede hacerse manualmente, lo que también es caro y además podrían existir interacciones genotipo-tipo de jaula. Es decir, los conejos con mejor índice de conversión en las jaulas individuales, podrían no serlo en jaulas colectivas. La metodología utilizada para seleccionar estos caracteres de peso o ganancia de peso ha sido, en general, la selección individual, en la que el criterio de selección es directamente el valor del carácter medido en el individuo. Es el procedimiento más sencillo y es razonable y posible, porque estos caracteres se expresan en los dos sexos y tienen una heredabilidad media. De este modo se ahorra tiempo, trabajo y otros recursos. El intervalo generacional puede ser alrededor de seis meses. Gyovai *et al.* (2012) están seleccionando la raza Pannon Blanco por ganancia diaria y calidad de la canal, evaluada utilizando técnicas de tomografía computarizada. Larzul y Rochambeau (2005) han considerado experimentalmente el interés de seleccionar por consumo residual en alimentación *ad libitum*.

Por lo que se refiere a la selección de las líneas maternas la cuestión es más compleja. Aquí, el criterio más común para su selección está relacionado con el tamaño de camada al nacimiento o al destete (Estany *et al.*, 1989; Rochambeau *et al.*, 1994; Gómez *et al.*, 1996). En un caso del programa francés, el criterio de selección por tamaño de camada al nacimiento, se amplió con el peso a las nueve semanas, a efectos de evitar respuestas negativas en el peso adulto (Bolet y Saleil, 2002). Por otra parte existen propuestas y programas que incluyen caracteres relacionados con la capaci-

dad de la hembra para satisfacer las exigencias de lactación de su camada, como son el peso al destete (Garreau y Rochambeau, 2003), el peso de la camada al destete o la producción total de leche. El que los machos no expresan ellos mismos los caracteres de tamaño de camada, que las hembras pueden tener varios registros de estos caracteres y que la heredabilidad de ellos es baja, hace que sea necesario considerar tantos datos propios o de parientes como sea posible para la evaluación de las hembras y de los machos. Como consecuencia, el intervalo generacional es más largo que en la selección de las líneas paternas y, además, es conveniente o necesario considerar algunos efectos ambientales y fisiológicos en los modelos de evaluación. Inicialmente se propusieron índices familiares que integraban la información propia y la de los parientes más próximos para realizar la evaluación genética (Matheron y Rouvier, 1977; Baselga *et al.*, 1984). Esta metodología todavía se sigue aplicando en la selección de la línea A, que actualmente ha alcanzado la generación 43 de selección. Actualmente, el BLUP, basado en la metodología de los modelos mixtos, es el procedimiento más utilizado en la evaluación. Una de sus principales diferencias con el índice de selección es que en el BLUP se consideran algunos efectos fisiológicos y ambientales (Estany *et al.*, 1989; Gómez *et al.*, 1996; Rochambeau *et al.*, 1998). Estudios de simulación con datos reales han mostrado eficiencias similares de ambas metodologías para seleccionar por tamaño de camada en conejos cuando las generaciones son discretas. En este caso la pérdida de eficiencia por seleccionar con un índice familiar en lugar de con un BLUP es alrededor del 8 % (Armero *et al.*, 1995). Se han realizado o están en curso experimentos que estudian métodos alternativos para la mejora del tamaño de camada. Entre ellos se ha estudiado la selección por capacidad uterina (Santacreu *et al.*, 2005), por tasa de ovulación (Laborda *et al.*, 2012) o por tamaño de camada y tasa de ovulación conjuntamente (Badawy *et al.*, 2013). Este último experimento ha alcanzado su novena generación de selección y sus resultados son prometedores.

Respuesta dentro de línea

Al aplicar los métodos de selección que acabamos de exponer, las líneas van modificando sus valores medios en los caracteres de selección y en caracteres relacionados. Las respuestas estimadas en experimentos de selección para incrementar el peso a los 63-70 d, oscilan entre 18 y 35 g por generación y hay una buena concordancia entre las estimas obtenidas utilizando línea control y las que usan BLUP-REML (Lukefahr *et al.*, 1996; Garreau *et al.*, 2000; Larzul *et al.*, 2003a). Cuando la selección era por velocidad de crecimiento pos-destete se estimaron respuestas entre 0,45 y 1,23 g/d (Rochambeau *et al.*, 1989; Estany *et al.*, 1992; Piles y Blasco, 2003). En el experimento de Piles y Blasco (2003), la respuesta se estimó, utilizando embriones congelados y mediante inferencia bayesiana, obteniendo con ambos métodos las mismas estimas. La selección por crecimiento origina respuestas correlacionadas en otros caracteres, como en el peso adulto que se incrementa (Blasco *et al.*, 2003). A un peso fijo de sacrificio, con el transcurso de las generaciones, el índice de conversión disminuye y el consumo aumenta (Feki *et al.*, 1996); se incrementa el contenido intestinal y se reduce el rendimiento a la canal (Gómez *et al.*, 1998; Pla *et al.*, 1998) en razón, entre otras causas, de la menor madurez. Consecuencias de esta menor madurez son, también, una reducción de los depósitos grasos y una menor capacidad de retención de agua de su carne (Piles *et al.*, 2000), así como un pH último del músculo, más bajo (Gondret *et al.*, 2003). Algunas de estas consecuencias negativas de la selección por crecimiento no son cuantitativamente importantes y pueden reducirse o eliminarse aumentando el peso de sacrificio y con un ligero ayuno de los animales antes de ser sacrificados. En un análisis a edad constante puede desaparecer la mejora del índice de conversión, así como los efectos negativos sobre el rendimiento a la canal y la madurez (Garreau *et al.*, 2000; Larzul *et al.*, 2003b; Hernández *et al.*, 2004).

En relación con la respuesta a la selección de las líneas maternas, vamos a dar los resultados correspondientes a las líneas directamente implicadas en programas largos de selección que incluían población control (Rochambeau *et al.*, 1998; Tudela *et al.*, 2003) o congelación de embriones. (García y Baselga, 2002a, 2002b). Las respuestas estimadas oscilaban entre 0,08 y 0,09 gazapos nacidos totales, nacidos vivos o destetados por camada y generación. En las mismas líneas, las tendencias genéticas estimadas por BLUP-REML, concordaban completamente en los tres primeros experimentos (Rochambeau *et al.*, 1998; García y Baselga, 2002a; Tudela *et al.*, 2003), pero la tendencia genética estimada en el cuarto es de 0,175 gazapos destetados por camada y generación, aproximadamente el doble de la respuesta obtenida utilizando embriones congelados. Hay, también, estudios en que las respuestas se han estimado, exclusivamente por BLUP-REML, oscilando los valores obtenidos entre 0,05 y 0,13 nacidos vivos o destetados por camada y generación (Estany *et al.*, 1989; Rochambeau *et al.*, 1994; Gómez *et al.*, 1996). Haciendo selección conjunta por tasa de ovulación y tamaño de camada, Badawy *et al.* (2013) han estimado con una metodología bayesiana respuestas en la tasa de ovulación de 0,17 óvulos/generación y en el tamaño de camada de 0,17 gazapos nacidos totales/generación, a lo largo de 9 generaciones.

En alguna de estas líneas, con respuestas significativas en el tamaño de la camada, se ha analizado si alguno de sus componentes se ha modificado. Así, García y Baselga (2002a) encontraron que la explicación principal de la respuesta en el tamaño de camada fue en una línea la mejora en la tasa de ovulación, mientras que en otra, probablemente lo fue por la mejora de la supervivencia fetal (García y Baselga, 2002b). También se han investigado las respuestas correlacionadas en caracteres de crecimiento, cuando se selecciona por tamaño de camada. A este respecto, García y Baselga (2002c) no encontraron respuestas significativas para el peso al destete, peso al sacrificio, ganancia diaria posdestete, consumo de alimento e índice de conversión, cuando las

comparaciones se hacían a tamaño de camada al nacimiento constante. Sin embargo, Rochambeau *et al.* (1994) informaron que la selección para aumentar el tamaño de camada resultaba en una disminución del peso individual al destete, si bien el peso total de la camada en ese momento se incrementaba en sus dos líneas maternas. Esta constatación fue la que motivó la modificación del objetivo de selección, incluyendo en una de las líneas el peso a los 63 días, además del tamaño de camada al nacimiento (Rochambeau, 1998), a efectos de intentar incrementar, al mismo tiempo, el tamaño de camada y el peso individual.

Respuesta en el cruzamiento

Como se ha indicado al principio, el objetivo final de la mejora genética de las líneas especializadas es la mejora de los rendimientos de las hembras cruzadas y de los gazapos cruzados. Sin embargo, con independencia de que las líneas vayan a ser utilizadas en los cruzamientos, su selección, tal como la hemos presentado se hace intralínea, esperando, que las respuestas conseguidas en ellas se expresen en los cruces. En este sentido es importante evaluar la respuesta en las hembras y gazapos cruzados. Para ello es necesario hacer comparaciones contemporáneas entre animales representantes de diferentes generaciones del programa de selección. Tales comparaciones han sido hechas por Tudela *et al.* (2003), por Costa *et al.* (2004) y por Quevedo *et al.* (2005, 2006a, 2006b). Las líneas implicadas en el primer experimento fueron la A1077 en la generación 30 de selección y la A9077, que era una línea control, ambas apareadas con otra línea maternal francesa en su generación actual para producir dos tipos de hembras cruzadas. La diferencia en el tamaño total de la camada entre ambos tipos de hembras cruzadas fue de 1,43, ligeramente superior al esperado de la selección de la línea A1077 (1,12). En el segundo experimento (Costa *et al.*, 2004) las líneas maternas fueron la A y la V, disponiendo de animales de la A de dos generaciones diferentes. Las hembras cruzadas se obtenían apareando hembras V con machos de la lí-

nea A. Así, pudieron compararse dos tipos de hembras cruzadas, que llamaremos H1 y H2. Las hembras H1 (H2) procedían del apareamiento de hembras V de la generación 26 con machos A de la generación 16 (29). Se obtuvieron gazapos cruzados de estas hembras, apareando las hembras H1 (H2) con machos de la línea paternal R de la generación 6 (18). Las generaciones antiguas se habían conservado como embriones congelados, que se descongelaron, transfirieron y reprodujeron para obtener adultos contemporáneos de las generaciones recientes. Todas las respuestas en tamaño de camada y ganancia diaria fueron en favor de los cruzados actuales. En lo que se refiere al tamaño de camada las diferencias fueron de 0,83, 1,16 y 0,74 gazapos para el número de nacidos totales, nacidos vivos y destetados por camada. Estas respuestas fueron mayores que las esperadas a partir de las respuestas que se habían conseguido en las líneas. Por ejemplo, la respuesta esperada en el tamaño de camada al destete era de 0,55 gazapos, siendo la eliminación de la consanguinidad en las cruzadas la explicación más plausible de la mayor respuesta. Por el contrario, la respuesta en el crecimiento de los gazapos cruzados fue inferior a la esperada. En ganancia diaria posdestete fue de 0,6 g/d, mientras la esperada era de 2,4 g/d. No se obtuvieron respuestas para el consumo diario, y el índice de conversión. Los autores no encontraron explicación para estos resultados en los caracteres de crecimiento y sugerían que la causa podía ser el tipo de alimento utilizado entonces para controlar la enterocolitis epizootica, que se estaba extendiendo por Europa. El alimento podía tener efectos diferentes en el crecimiento de los animales dependiendo de su nivel genético respecto al consumo de alimento. En el tercer experimento (Quevedo *et al.*, 2005, 2006a y b) se vuelven a comparar hembras H1 y H2, como en el segundo, con la diferencia de que las madres de las hembras H1 son hembras V de la generación 15 y las de las H2 hembras V de la generación 26. Es decir, las hembras H1 eran cruzadas antiguas por las generaciones de sus dos padres y las H2 cruzadas actuales. En hembras primíparas,

Quevedo *et al.* (2005), vieron que las hembras H2 tenían un número significativamente mayor de nacidos vivos (2.06) que las H1, número también mayor que el esperado por las respuestas intralínea (1.06). También observaron un mayor crecimiento fetal en las H2, con un mismo consumo de energía, lo que significaba un incremento de la eficiencia en el uso de la energía como consecuencia de la selección. En hembras múltiparas, las hembras H2 volvieron a mostrar su superioridad en número de gazapos nacidos vivos (1.1) (Quevedo *et al.*, 2006 a) y mostraron durante los primeros 21 días de lactación (Quevedo *et al.*, 2006 b) un mayor consumo de alimento (3 %) y una mayor producción de leche (6 %). Al igual que en el experimento segundo y, aparentemente por las mismas razones, el crecimiento de los gazapos cruzados actuales sólo fue un tercio superior al esperado, respecto a los gazapos antiguos.

Recientemente se ha terminado el análisis de un experimento de cruzamiento que comparaba los parámetros reproductivos actuales de las cuatro líneas maternas de la UPV (A, V, H, LP) con los doce tipos de hembras cruzadas resultantes de los cruces simples entre ellas (Ragab, 2012). Resultados medios de todo el experimento para los dieciséis tipos genéticos, realizado en cuatro granjas con un total de 34.546 camadas fueron: 10,54 nacidos totales/camada, 9,79 nacidos vivos/camada, 7,97 destetados/camada y 49,91 días de intervalo entre partos. Las hembras cruzadas tuvieron mejores resultados, superando a la línea V en 0,46 gazapos nacidos totales/camada, 0,56 nacidos vivos/camada, 0,75 destetados/camada y -2,21 días de intervalo entre partos. También se estudiaron las características de crecimiento de los gazapos cruzados, resultantes del apareamiento de los dieciséis tipos de hembras anteriores con machos actuales de la línea paternal R. Los valores medios (datos todavía no publicados) fueron: 615 g de peso al destete, 28 días, 45,6 g/d de crecimiento diario entre el destete y el final del engorde a 63 días y un índice de conversión de 2,79 para el todo el periodo de engorde.

ORGANIZACIÓN Y DIFUSIÓN DE LA MEJORA

El paso final de un programa de mejora es difundir los logros conseguidos desde el núcleo a las granjas. El modo estándar sigue una organización piramidal, incluyendo la multiplicación de los animales del núcleo, como un paso intermedio, anterior a la difusión en las granjas comerciales. En la fase de multiplicación se hace el cruce entre las líneas maternas, obteniéndose las hembras cruzadas que se suministran a los granjeros. Según las necesidades, este paso puede estar precedido por un paso de multiplicación de las líneas puras. De este modo los costes del programa de selección son distribuidos entre un número mucho más elevado de animales. El retraso genético entre el núcleo y los granjeros se incrementa conforme los pasos de multiplicación aumentan. Con el objeto de reducir dicho retraso, los programas francés y español han modificado el paso de multiplicar las líneas puras en un paso que incluye selección propiamente dicha. El programa francés lo hace a través de lo que se llama «demultiplicación», que consiste en contratar con algunas compañías la selección de las líneas maternas. En una granja de «demultiplicación» las hembras de reemplazo de una línea son seleccionadas entre la progenie de dicha granja con la misma metodología de evaluación que en el núcleo, pero los machos de reemplazo proceden del núcleo original que los va suministrando periódicamente a la granja. Las compañías que «demultiplican» pueden ser grandes compañías que pretenden vender animales puros y cruzados en Francia y en otros países (Rochambeau, 1998). Además de las compañías que se han adherido al esquema de «demultiplicación», en Francia existen otras compañías privadas, con programas de mejora genética del conejo de carne, que disponen de sus propias líneas paternas y maternas. El programa español es muy diferente e integra completamente la multiplicación de las líneas puras maternas en el estadio de selección. El modo elegido consiste en crear lo que podríamos llamar núcleos secundarios de selección, que son propiedad de granjeros

elegidos, cooperativas o pequeñas compañías. Una línea maternal se replica en cada núcleo secundario que se selecciona, bajo la responsabilidad de los genetistas del núcleo primario, del mismo modo que en éste. La línea que se selecciona en el núcleo secundario es utilizada como la hembra madre para producir hembras cruzadas que son distribuidas a, o producidas por, los granjeros de la región próxima al núcleo secundario. Los machos padre de las hembras cruzadas, pertenecientes a otra línea maternal, son proporcionados por el núcleo primario. La principal característica de este esquema es su sencillez, que permite producir animales de línea pura y cruzados a un coste bajo, con un retraso mínimo entre las organizaciones de mejora y los productores. Este procedimiento reduce los problemas sanitarios y de adaptación derivados de la introducción de animales en las granjas. Así mismo contribuye a la comunicación entre las organizaciones de mejora y los granjeros. Su principal desventaja es su dificultad para operar a gran escala.

La difusión de los machos de las líneas paternas para el cruce terminal puede tener modalidades diferentes. Las líneas paternas pueden ser propiedad y ser seleccionadas por las compañías «demultiplicadoras», por los núcleos secundarios, por el núcleo primario o por mejoradores no adscritos al programa, asociados o no a centros de inseminación artificial. En el programa español es muy común que los núcleos secundarios tengan su propio centro de inseminación artificial, facilitando de este modo la difusión completa de los animales que están implicados en el cruzamiento doble. En Francia, las compañías de mejora tienen, también, sus centros de inseminación artificial.

Recomendaciones a los cunicultores

El aprovechamiento de un programa de mejora por parte de los cunicultores exige la introducción de animales o semen en sus explotaciones, tal como se ha explicado anteriormente, pudiendo encontrarse con diversas ofertas en el mercado. Es necesario que

el cunicultor sea crítico con lo que se le ofrece y, al respecto, hay un conjunto de cuestiones a tener en cuenta, que vamos a comentar a continuación y que, a su vez, representan importantes exigencias para cualquier programa de mejora genética. Pretendemos referirnos a: la sanidad de los animales; los problemas de adaptación; la capacidad productiva de los animales y al programa genético que los desarrolla (Baselga y Blasco, 1989).

La sanidad de los animales es uno de los problemas importantes. Este ha sido un factor, junto con el coste de los animales, que ha frenado la difusión de algunas organizaciones importantes de mejora del conejo. El estancamiento e incluso retroceso de la utilización de conejos *híbridos* que se constató en Francia en la década de los ochenta, así como en Italia y España se ha explicado por los problemas sanitarios de los animales que suministraban (Rochambeau, 1988). En algunos casos, las empresas de venta de reproductores han sido responsables de la difusión de pasterelas, tiñas, estafilococias o salmonelas. La solución del problema anterior exige normas de higiene y manejo estrictas, así como unas instalaciones adecuadas en los núcleos de selección y en las granjas de multiplicación. Las empresas que venden reproductores, que tienen una visión de su actividad a largo plazo, tienen programas sanitarios muy cuidadosos y algunas de ellas prevén, en algunos casos, el cierre de sus granjas por un período limitado cuando se presenta en ellas problemas patológicos que por su carácter o su intensidad hacen desaconsejable la salida de animales. En cualquier caso resulta necesario que los cunicultores mantengan en cuarentena a los animales que compran, antes de introducirlos en sus explotaciones.

Los problemas de adaptación surgen inevitablemente cuando los animales de una explotación se trasladan a otra. La confrontación entre los microbios de ambas explotaciones puede originar situaciones de desequilibrio que afecten a unos y otros animales. Esto significa que, salvo cuando se inicia la producción en una explotación, bien porque se inicie realmente la actividad, bien porque se haya hecho un vaciado sanitario, hay que procurar disminuir cuanto sea posi-

ble el número de animales a introducir. De esta manera se reducen también los riesgos sanitarios que acabamos de comentar. Sin embargo, la solución que se adopte deberá ser un compromiso entre la minimización de los riesgos sanitarios y de adaptación, la productividad de la granja (ocupación de las jaulas y calidad genética de los animales), y coste de la solución.

La introducción de animales del exterior se fundamenta, supuesta una sanidad correcta, en la capacidad productiva de los mismos. Las empresas que venden reproductores, en sus catálogos informan sobre la productividad numérica (tamaños de camada al nacimiento y al destete), productividad ponderal (velocidad de crecimiento, rendimiento a la canal, aprovechamiento del pienso) y otros aspectos de interés, como precocidad sexual, fertilidad o rusticidad. El cunicultor debe de ser crítico con esta información, siendo necesario que la complete. Lo ideal sería que instituciones públicas o privadas, independientes de las empresas suministradoras de los animales, hiciesen una evaluación objetiva de la capacidad productiva de las distintas fuentes de reproductores. Desgraciadamente dichas pruebas no se realizan, prácticamente en ningún país, en el campo de la cunicultura. En esta situación resulta razonable ampliar la información de los animales a adquirir a través de otros cunicultores que lleven tiempo utilizándolos, información que será tanto más valiosa cuanto mayor sea el número de ganaderos que podamos consultar.

Cuando el cunicultor se plantea la cuestión de la reposición externa de sus animales como un proceso continuo, al que va a recurrir mientras mantenga su explotación, adquieren importancia cuestiones como lo que realmente son y hacen las empresas concretas que suministran los reproductores. ¿Son éstas, meramente, multiplicadoras accidentales de una determinada línea o raza de conejos, o están integradas en organizaciones que tienen un programa genético propio? El conocimiento del programa genético es conveniente pues es una indicación de la seriedad de la organización y de su capacidad para ir mejorando paulatinamente la productividad de sus líneas.

BIBLIOGRAFÍA

- AL-SAEF, A.M.; KHALIL, M.H.; AL-HOMIDAN, A.H.; AL-DOBAIB, S.N.; AL-SOBAYIL, K.A.; GARCÍA, M.L.; BASELGA, M.** 2008. Crossbreeding effects for litter and lactation traits in a Saudi project to develop new lines of rabbits suitable for hot climates. *Live Science*: 118: 238-246
- ARMERO, E.; BASELGA, M.; CIFRE, J.** 1995. Selecting litter size in rabbits. Analysis of different strategies. *World Rabbit Science*. 3(4):179-186.
- BADAWY, A.Y.; PEIRÓ, R.; MOCÉ, M.L.; BLASCO, A.; SANTACREU, M.A.** 2013. Selección por tasa de ovulación y tamaño de camada en conejo. Estimación de la respuesta a la selección. En: JORNADAS DE PRODUCCION ANIMAL (XV; 2013, Zaragoza, ES, 14-15 mayo). AIDA II: 457-459.
- BASELGA, M.** 2002. Line V (Spain). En: KHALIL, M.H.; BASELGA, M. (ed.). *Rabbit genetic resources in Mediterranean countries*. Zaragoza: CIHEAM: 231-241.
- BASELGA, M.** 2004. Genetic improvement of meat rabbits. Programmes and diffusion. En: *Proceedings WORLD RABBIT CONGRESS* (8º; 2004, Puebla, MX, September 7-10): 1-13
- BASELGA, M.; BLASCO, A.** 1989. Mejora genética del conejo de producción de carne. *Agroguías*. Madrid: Mundi-Prensa, 110 p.
- BASELGA, M.; BLASCO, A.; ESTANY, J.** 1984. Índice de selección de caracteres reproductivos con información variable. En: *Proceedings WORLD RABBIT CONGRESS* (3º; 1984, Roma, IT, April 4-8). p1:62-65.
- BASELGA, M.; GARCÍA, M.L.; SÁNCHEZ, J.P.; VICENTE, J.S.; LAVARA, R.** 2003. Analysis of reproductive traits in crosses among maternal lines of rabbits. *Animal Research*, 52: 473-479.
- BLASCO, A.; PILES, M.; VARONA, L.** 2003. A Bayesian analysis of the effect of selection for growth rate on growth curves in rabbits. *Genetics Selection Evolution*, 35: 21-41.
- BOLET, G.; SALEIL, G.** 2002. Strain INRA1077 (France). En: KHALIL, M.H.; BASELGA, M. (ed.). *Rabbit genetic resources in Mediterranean countries*. Zaragoza: CIHEAM, p. 109-116.
- BRUN, J.M.; SALEIL, G.** 1994. Une estimation, en fermes, de l'heterosis sur les performances de reproduction entre les souches de lapin INRA A2066 et A1077. En: *Actes JOURNEES DE LA RECHERCHE CUNICOLE* (6^{èmes}; 1994, La Rochelle, FR, 6-7 décembre), 1: 203-210.
- BRUN, J.M.; BOLET, G.; BASELGA, M.; ESPARBIE, J.; FALIERES, J.** 1998. Comparison de deux souches européennes de lapins sélectionnées sur la taille de portée : intérêt de leur croisement. En: *Actes JOURNEES DE LA RECHERCHE CUNICOLE* (7^{èmes}; 1998, Lyon, FR, 13-14 mai). p1:21-23.
- CARTUCHE, L.; PASCUAL, M.; GOMEZ, E.A.; BLASCO, A.** 2013. Modelización del Beneficio de producción en cunicultura. En: *JORNADAS DE PRODUCCION ANIMAL* (XV; 2013, Zaragoza, ES, 14-15 mayo). AIDA I: 64-66.
- CIFRE, P.; BASELGA, M.; GARCÍA-XIMÉNEZ, F.; VICENTE, J.S.** 1998. Performance of a hyperprolific rabbit line I. Litter size traits. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 115(2): 131-138.
- CIFRE, P.; BASELGA, M.; GARCÍA-XIMÉNEZ, F.; VICENTE, J.S.** 1998b. Performance of a hyperprolific rabbit line II. Maternal and growth performances. *Journal of Animal and Breeding and Genetics*, 115(2): 139-147.
- COSTA, C.; BASELGA, M.; LOBERA, J.; CERVERA, C.; PASCUAL, J.J.** 2004. Evaluating Response to Selection and Nutritional Needs in a Three-Way Cross of Rabbits. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 121:1-11.
- 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. *Livestock Production Science*, 21: 67-76.
- ESTANY, J.; CAMACHO, J.; BASELGA, M.; BLASCO, A.** 1992. Selection response of growth rate in rabbits for meat production. *Genetics Selection Evolution*, 24: 527-537.

- 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. *Livestock Production Science*, 45:87-92.
- FERRIAN, S.; BLAS, E.; LARSEN, T.; SÁNCHEZ, J.P.; FRIGGENS; N.C.; CORPA, J.M.; BASELGA, M.; PASCUAL, J.J.** 2013. Comparison of immune response to lipopolysaccharide of rabbit does selected for litter size at weaning or founded for reproductive longevity. *Research in Veterinary Science*, 94: 518-525.
- GACEM, M.; ZERROUKI, N.; LEBAS, F., BOLET, G.** 2008. Strategy for developing rabbit meat production in Algeria: Creation and selection of a synthetic strain. En: *Proceedings WORLD RABBIT CONGRESS (9º; 2008, Verona, IT, June 10-13)*. p. 85-89.
- GARCÍA, M.L.; BASELGA, M.** 2002a. Estimation of genetic response to selection in litter size of rabbits using a cryopreserved control population. *Livestock Production Science*, 74: 45-53.
- GARCÍA, M.L.; BASELGA, M.** 2002b. Genetic response to selection for reproductive performance in a maternal line of rabbits. *World Rabbit Science*, 10(2): 71-76.
- GARCÍA, M.L.; BASELGA, M.** 2002c. Estimation of correlated response on growth traits to selection in litter size of rabbits using a cryopreserved control population and genetic trends. *Livestock Production Science*, 78(2):91-98.
- GARCIA-XIMENEZ, F.; VICENTE, J.S. ; CIFRE, P. ; BASELGA, M.** 1996. Foundation of a maternal rabbit line using hysterectomy and embryo cryopreservation. En: *Proceedings WORLD RABBIT CONGRESS (6º; 1996, Toulouse, FR, July 9-12)*.p 285-288.
- GARREAU, H. ; PILES, M. ; LARZUL, C. ; BASELGA, M. ; ROCHAMBEAU, H. DE.** 2004. Selection of maternal lines: last results and prospects En: *Proceedings WORLD RABBIT CONGRESS (8º; 2004, Puebla, MX, September 7-10)*. P. 14-25.
- GARREAU, H.; SZENDRO, Z.S.; LARZUL, C.; ROCHAMBEAU H. DE.** 2000. Genetic parameters and genetic trends of growth and litter size traits in the White Pannon breed. En: *Proceedings WORLD RABBIT CONGRESS (7º; 2000, Valencia, ES, July 4-7)*. A: 403-408.
- GARREAU, H.; ROCHAMBEAU, H. DE.** 2003. La sélection des qualités maternelles pour la croissance du lapereau. En: *Actes JOURNEES DE LA RECHERCHE CUNICOLE (10^{èmes}. Paris, FR, 19-20 novembre)*. p 61-64.
- GÓMEZ, E.A.; BASELGA, M.; RAFEL, O.; RAMON, J.** 1998. Comparison of carcass characteristics in five strains of meat rabbit selected on different traits. *Livestock Production Science*, 55: 53-64.
- GÓMEZ, E. A.; RAFEL, O.; RAMÓN, J.** 2002. The Caldes strain. In: *Rabbit genetic resources in Mediterranean countries*. En: KHALIL, M.H.; BASELGA, M. (ed.). *Rabbit genetic resources in Mediterranean countries*. Zaragoza: CIHEAM, p187-198
- GÓMEZ, E. A.; RAFEL, O.; RAMÓN, J.; BASELGA, M.** 1996. A genetic study of a line selected on litter size at weaning. EN: *Proceedings WORLD RABBIT CONGRESS (6º; 1996, Toulouse, FR, July 9-12)*. p. 2: 289-292.
- GONDRET, F.; COMBES, S.; LARZUL, C.** 2003. Sélection divergente sur le poids a 63 jours : conséquences sur les caractéristiques musculaires à même âge ou à même poids. En: *Actes JOURNEES DE LA RECHERCHE CUNICOLE (10^{èmes}; 2003, Paris, FR, 19-20 novembre)*. p153-156.
- GYOVAI, P.; NAGY, I.; GERENCSÉR, ZS.; MATICS, ZS.; RADNAI, I.; DONKÓ, T.; BOKOR, A.; FARKAS, J.; SZENDRŐ, ZS.** 2012. Genetic parameters for litter weight, average daily gain and thigh muscle volume measured by in vivo Computer Tomography technique in Pannon White rabbits. *Livestock Science*, 144(1-2):119-123.
- HERNANDEZ, P; ALIAGA, S.; PLA, M.; BLASCO, A.** 2004. The effect of selection for growth rate and slaughter age on carcass composition and meat quality traits in rabbits. *Journal of Animal Science*, 82: 3138-3143.
- IRAQI, M.M.; GARCIA, M.L.; KHALIL, M.H.; BASELGA, M.** 2010. Evaluation of milk yield and some related maternal traits in a crossbreeding project of Egyptian Gabali breed with Spanish V-line rabbits.

- Journal of Animal Breeding and Genetics, 127: 242-248.
- KHALIL M.H., BASELGA M.(Ed).** 2002. Rabbit genetic resources in Mediterranean countries. Zaragoza: CIHEAM, 262p.
- KHALIL, M.H; BOLET, G.** 2010. Sustainable Rabbit breeding and genetic improvement programs achieved in developing countries. En: Proceedings WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION (9º; 2010, Leipzig, GE, August 1-6) paper 962.
- LABORDA, P.; MOCÉ, M. L.; SANTACREU, M. A.; BLASCO, A.** 2012. Selection for ovulation rate in rabbits: I. Genetic parameters, direct response and correlated response on litter size. Journal of Animal Science, 90: 439-446.
- LARZUL, C.; GONDRET, F.; COMBES, S.; GARREAU, H.; ROCHAMBEAU, H. DE.** 2003a. Analyse d'une expérience de sélection sur le poids à 63 jours. I- Déterminisme génétique de la croissance. En: JOURNEES DE LA RECHERCHE CUNICOLE (10^{èmes}. Paris, FR, 19-20 novembre). p149-152.
- LARZUL C., GONDRET F., COMBES S., GARREAU H., ROCHAMBEAU H. DE.** 2003b. Analyse d'une expérience de sélection sur le poids à 63 jours :II- Déterminisme génétique de la composition corporelle. En: JOURNEES DE LA RECHERCHE CUNICOLE (10^{èmes}. Paris, FR, 19-20 novembre). p145-148.
- LARZUL, C.; ROCHAMBEAU H DE.** 2005. Selection for residual feed consumption in the rabbit. Livestock Production Science, 95: 67-72.
- LUKEFAHR, S.D.; ODI, H.B.; ATAKORA, J.K.A.** 1996. Mass selection for 70-day body weight in rabbits. Journal of Animal Science, 74 : 1481-1489.
- MATHERON, G ; ROUVIER, R.** 1977. Optimisation du progrès génétique sur la prolificité chez le lapin. Annales de genetique et de selection animale, 9(3): 393-405.
- MOURA, A. S. A. M. T.; COSTA, A. R. C.; POLASTRE, R.** 2001. Variance components and response to selection for reproductive, litter and growth traits through a multi-purpose index. World Rabbit Science, 9: 77-86.
- MOURA, A.S.A.M.T.M.; KAPS, M.; VOGT, D.W.; LAMBERSON, M.** 1997. Two-way selection for daily gain and feed conversion in a composite rabbit population. Journal of Animal Science, 75: 2344-2349.
- ORENGO, J.; GÓMEZ, E.A.; PILES, M.; RAFEL, O.; RAMON, J.** 2003. Étude des caractères de reproduction en croisement entre trois lignées femelles espagnoles. En : Actes JOURNEES DE LA RECHERCHE CUNICOLE (10^{èmes} ; 2003, Paris, FR, 19-20 novembre). p 57-60.
- PILES, M.; BLASCO, A.** 2003. Response to selection for growth rate in rabbits estimated by using a control cryopreserved population. World Rabbit Science, 11: 53-62.
- PILES, M.; BLASCO, A.; PLA, M.** 2000. The effect of selection for growth rate on carcass composition and meat characteristics of rabbits. Meat Science, 54: 347-355.
- PILES, M.; GÓMEZ, E.A.; RAFEL, O.; RAMON, J.; BLASCO, A.** 2004. Elliptical selection experiment for the estimation of genetic parameters of the growth rate and feed conversion ratio in rabbits. Journal of Animal Science, 82: 654-660.
- PLA, M.; GUERRERO, L.; GUARDIA, D.; OLIVER, M.A.; BLASCO, A.** 1998. Carcass characteristics and meat quality of rabbit lines selected for different objectives. I. Between lines comparison. Livestock Production Science, 54:115-123.
- QUEVEDO, F.; CERVERA, C.; BLAS, E.; BASELGA, M.; COSTA, C.; PASCUAL, J.J.** 2005. Effect of selection for litter size and feeding programme on the performance of young rabbit females during rearing and first pregnancy. Animal Science, 80:161-168.
- QUEVEDO, F.; CERVERA, C.; BLAS, E.; BASELGA, M.; PASCUAL, J.J.** 2006 a. Long-term effect of selection for litter size and feeding programme on the performance of reproductive rabbit does 1. Pregnancy of multiparous does. Animal Science, 82: 739-750.
- QUEVEDO, F.; CERVERA, C.; BLAS, E.; BASELGA, M.; PASCUAL, J.J.** 2006 b. Long-term effect of selection for litter size and feeding programme on the performance of reproductive rabbit does 2. Lactation

and growing period. *Animal Science*, 82: 751-762.

RAGAB, M. 2012. Genetic analyses of reproductive traits in maternal lines of rabbits and in their diallel cross. 2012. Ph.D. Thesis. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 144 p.

RAGAB, M.; BASELGA, M. 2011. A comparison of reproductive traits of four maternal lines of rabbits selected for litter size at weaning and founded on different criteria. *Live Science*, 136: 201-206.

RAGAB, M.; SÁNCHEZ, J.P.; MÍNGUEZ, C.; EL NAGAR, A.G.; BASELGA, M. 2011. Longevidad funcional en un cruce dialélico entre cuatro líneas maternales de conejos. *En: Proceedings JORNADAS SOBRE PRODUCCIÓN ANIMAL (XIV; 2011, Zaragoza, ES, 17-18 Mayo) AIDA II: 73-475.*

ROCHAMBEAU H. DE. 1998. La femelle parentale issue des souches expérimentales de l'INRA: évolutions génétiques et perspectives. *En: JOURNEES DE LA RECHERCHE CUNICOLE (7èmes; 1998, Lyon, FR, 13-14 mai).* p1:3-14.

ROCHAMBEAU, H. DE; BOLET, G. ; TUDELA, F. 1994. Long term selection. Comparison of two rabbit strains. *En: Proceedings WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION (5º; 1994, Guelph, August 7-12).* 19: 257-260.

ROCHAMBEAU, H. DE; DUZERT, R.; TUDELA, F. 1998. Long term selection experiments in rabbit. Estimation of genetic progress on litter size at weaning. *En: Proceedings WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION (6º; 1998, Armidale, NSW, AU, January 11-16).* p 26: 112-115.

ROCHAMBEAU, H. DE ; FUENTE, L.F. DE LA ; ROUVIER, R. 1989. Sélection sur la vitesse de croissance post-sevrage chez le lapin. *Annales de genetique et de selection animale*, 21:527-546.

ROUVIER, R. 1981. Les travaux de recherche français sur la sélection du lapin au cours des 10 dernières années (1970-1980). *Comptes Rendus des Séances de l'Academie d'Agriculture de France.*, 61: 151-159.

SANCHEZ, J.P. ; THEILGAARD, P. ; MINGUEZ, C. ; BASELGA, M. 2008. Constitution and evaluation of a long-lived productive rabbit line. *Journal of Animal Science*, 86: 515-525.

SANTACREU, M.A.; MOCÉ, M. L.; CLIMENT, A.; BLASCO, A. 2005. Divergent selection for uterine capacity in rabbits. II. Correlated response on litter size and its components estimated with a cryopreserved control population. *Journal of Animal Science*, 83: 2303-2307.

SAVIETTO, D.; BLAS, E.; CERVERA, C.; BASELGA, M.; FRIGGENS, N.C.; LARSEN, T.; PASCUAL, J.J. 2012. Digestive efficiency in rabbit does according to environment and genetic type. *World Rabbit Science*, 20: 131-140.

THEILGAARD, P.; BASELGA, M.; BLAS, E.; FRIGGENS, N.C.; CERVERA, C.; PASCUAL, J.J. 2009. Differences in productive robustness in rabbits selected for reproductive longevity or litter size. *Animal*, 3: 637-646.

TUDELA, F.; HURTAUD, J. ; GARREAU, H.; ROCHAMBEAU, H. DE. 2003. Comparaison des performances zootechniques des femelles parentales issues d'une souche témoin et d'une souche sélectionnée pour la productivité numérique *En: JOURNEES DE LA RECHERCHE CUNICOLE (10èmes; 2003, Paris, FR, 19-20 novembre).* p53-56.