

---

MASTER INTERUNIVERSITARIO EN MEJORA GENÉTICA  
ANIMAL Y BIOTECNOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN

**Comparación de cuatro líneas  
maternales de conejo en caracteres  
de crecimiento**

Tesis de Master

Valencia, Septiembre 2011

**Carlos Mínguez Balaguer**

Director:

Manuel Baselga Izquierdo

## ÍNDICE

Tema	Página
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Sector cunícola: Economía y producción .....	2
1.2. Características productivas y proyectos de desarrollo .....	8
1.3. Organización de la mejora genética .....	9
1.4. La selección de caracteres de crecimiento: Historia e importancia.....	11
1.4.1. Historia .....	11
1.4.2. Importa .....	15
1.5. Líneas maternas .....	16
1.5.1. Selección .....	16
1.5.2. Relación con los caracteres de crecimiento .....	18
2. OBJETIVOS .....	20
3. MATERIAL Y MÉTODOS .....	22
3.1. Animales .....	23
3.1.1. Manejo .....	23
3.1.2. Línea A .....	24
3.1.3. Línea V .....	24
3.1.4. Línea H .....	24
3.1.5. Línea LP .....	25
3.2. Caracteres estudiados .....	26
3.3. Análisis estadísticos .....	26
3.3.1. Caracteres de crecimiento .....	26
3.3.2. Tamaño de camada .....	27
3.4. Comparación de las líneas en el origen .....	28
3.5. Comparación de las líneas en un tiempo fijo .....	29
3.6. Comparación entre diferencias esperadas y observadas de las líneas en un tiempo fijo .....	29
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	30
4.1. Estadísticos descriptivos .....	31
4.2. Parámetros genéticos .....	32
4.2.1. Heredabilidad .....	32
4.2.2. Efectos maternos y ambientales permanentes .....	33

## INTRODUCCIÓN

---

4.2.3. Efectos de camada común .....	34
4.2.4. Correlaciones .....	35
4.3. Contraste entre las líneas en el momento de la fundación .....	36
4.4. Contraste entre las líneas (diferencias observadas) y diferencias esperadas en un tiempo fijo.....	38
5. CONCLUSIONES .....	44
6. REFERENCIAS .....	46

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
<b>Tabla 1.1:</b> Evolución del número de explotaciones cunicolas referidas desde junio de 2007 hasta abril de 2011.....	7
<b>Tabla 1.2:</b> Número de explotaciones de conejos según su clasificación zootécnica a 1 de abril de 2011.....	8
<b>Tabla 4.1:</b> Estadísticos descriptivos para peso al destete, peso al sacrificio y ganancia media diaria.....	31
<b>Tabla 4.2:</b> Estadística de las distribuciones posteriores marginales estimadas para las heredabilidades ( $h^2$ ) de los caracteres de crecimiento y número de destetados.....	32
<b>Tabla 4.3:</b> Estadística de las distribuciones posteriores marginales de las proporciones estimadas de la varianza de los efectos permanentes ( $p^2$ ) respecto a ND y de las varianzas de los efectos maternos ( $m^2$ ) de los caracteres de crecimiento respecto a su varianza fenotípica.....	33
<b>Tabla 4.4:</b> Estadística de las distribuciones posteriores marginales de las proporciones estimadas de los efectos de camada común ( $c^2$ ) de los caracteres de crecimiento sobre la varianza fenotípica.....	34
<b>Tabla 4.5:</b> Estadística de las distribuciones posteriores marginales de las estimas de las correlaciones genéticas ( $r_g$ ), permanentes no aditivas ( $r_p$ ) y residuales ( $r_e$ ) entre los caracteres de crecimiento y ND.....	35
<b>Tabla 4.6:</b> Contrastes entre los efectos de línea en su fundación para peso al destete en gramos.....	37
<b>Tabla 4.7:</b> Contrastes entre los efectos de línea en su fundación para peso al sacrificio en gramos.....	37
<b>Tabla 4.8:</b> Contrastes entre los efectos de línea en su fundación para ganancia media diaria en gramos/día.....	37
<b>Tabla 4.9:</b> Contrastes entre los efectos de línea en tiempo fijo para peso al destete en gramos en el corte 1.....	39

<b>Tabla 4.10:</b> Diferencias esperadas para peso al destete en gramos en el corte 1.....	39
<b>Tabla 4.11:</b> Contrastes entre los efectos de línea en tiempo fijo para peso al sacrificio en gramos en el corte 1.....	39
<b>Tabla 4.12:</b> Diferencias esperadas para peso al sacrificio en gramos en el corte 1.....	49
<b>Tabla 4.13:</b> Contrastes entre los efectos de línea en tiempo fijo para ganancia media diaria en gramos/día en el corte 1.....	40
<b>Tabla 4.14:</b> Diferencias esperadas para la ganancia media diaria en gramos/día en el corte 1.....	40
<b>Tabla 4.15:</b> Contrastes entre los efectos de línea en tiempo fijo para peso al destete en gramos en el corte 2.....	41
<b>Tabla 4.16:</b> Diferencias esperadas para peso al destete en gramos en el corte 2.....	41
<b>Tabla 4.17:</b> Contrastes entre los efectos de línea en tiempo fijo para peso al sacrificio en gramos en el corte 2.....	41
<b>Tabla 4.18:</b> Diferencias esperadas para peso al sacrificio en gramos en el corte 2.....	41
<b>Tabla 4.19:</b> Contrastes entre los efectos de línea en tiempo fijo para ganancia media diaria en gramos/día en el corte 2.....	42
<b>Tabla 4.20:</b> Diferencias esperadas para peso al sacrificio en gramos en el corte2.....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

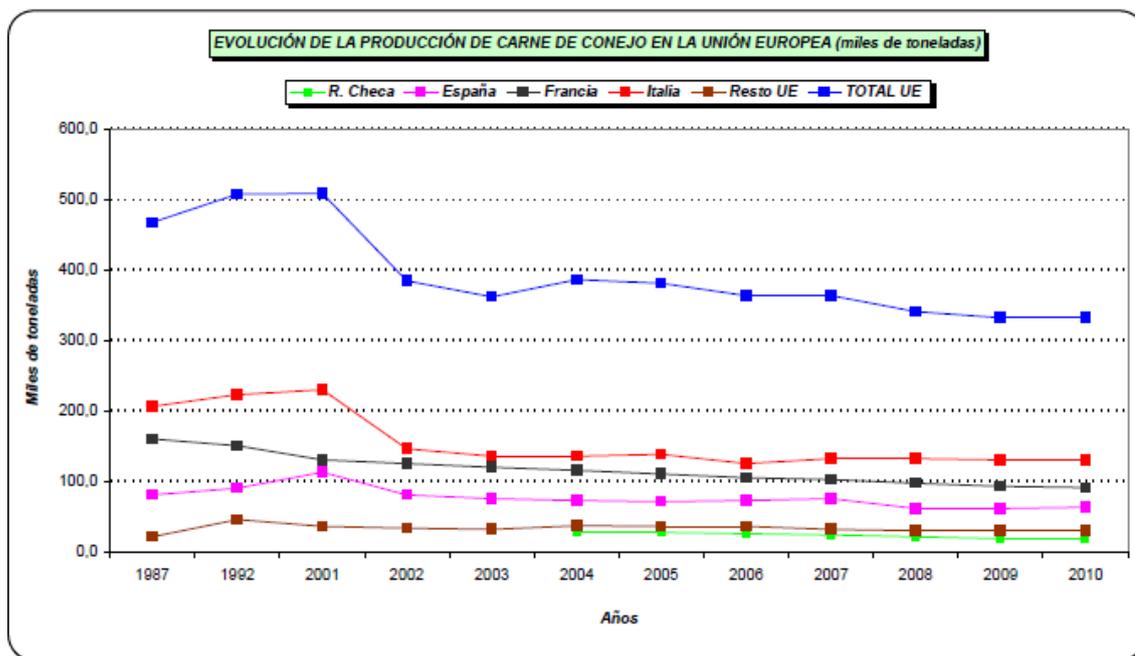
Figura	Página
<b>Figura 1.1</b> Distribución de la producción cunícola en la U.E.....	2
<b>Figura 1.2</b> Evolución del número de cabezas sacrificadas y peso de canal en España en los último años.....	3
<b>Figura 1.3</b> Evolución semanal del precio del conejo en la lonja de Madrid .....	4
<b>Figura 1.4</b> Evolución semanal del precio del pienso de conejo.....	5
<b>Figura 1.5</b> Evolución del consumo aparente per cápita y el abastecimiento de carne de conejo en España.....	6

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Sector cunícola: Economía y producción.

La producción mundial de carne de conejo representa la cantidad de 1,191,094 toneladas según cálculos de la *Food and Agriculture Organization* (FAO-STAT, 2009), aunque distribuida de forma irregular, siendo el mayor productor China 515,000 toneladas, seguido de la Unión Europea, con un total de 332,000 toneladas.

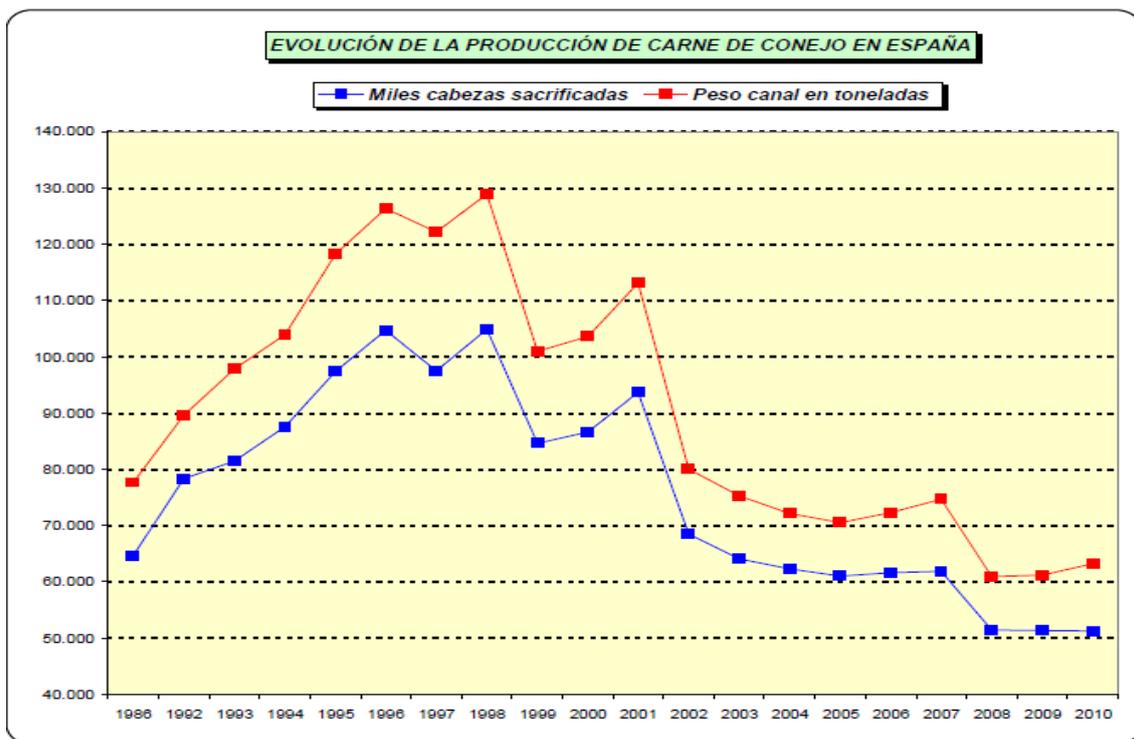
En la figura 1.1 se puede observar cómo se distribuye la producción de los principales países productores de la U.E..



**Figura 1.1** Distribución de la producción cunícola en la U.E.

Fuente: MARM 2011.

Con respecto a España, en la figura 1.2 se puede observar la evolución en el número de cabezas sacrificadas y peso de canal de los últimos años.

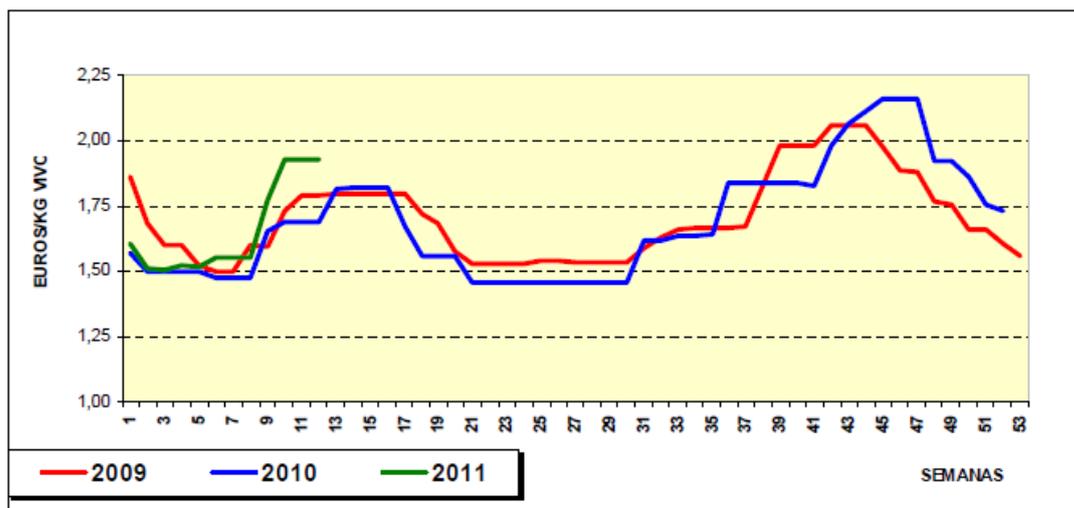


**Figura 1.2** Evolución del número de cabezas sacrificadas y peso de canal en España en los últimos años.

Fuentes: MARM 2011.

La drástica bajada en las cabezas sacrificadas en los últimos años puede deberse principalmente a:

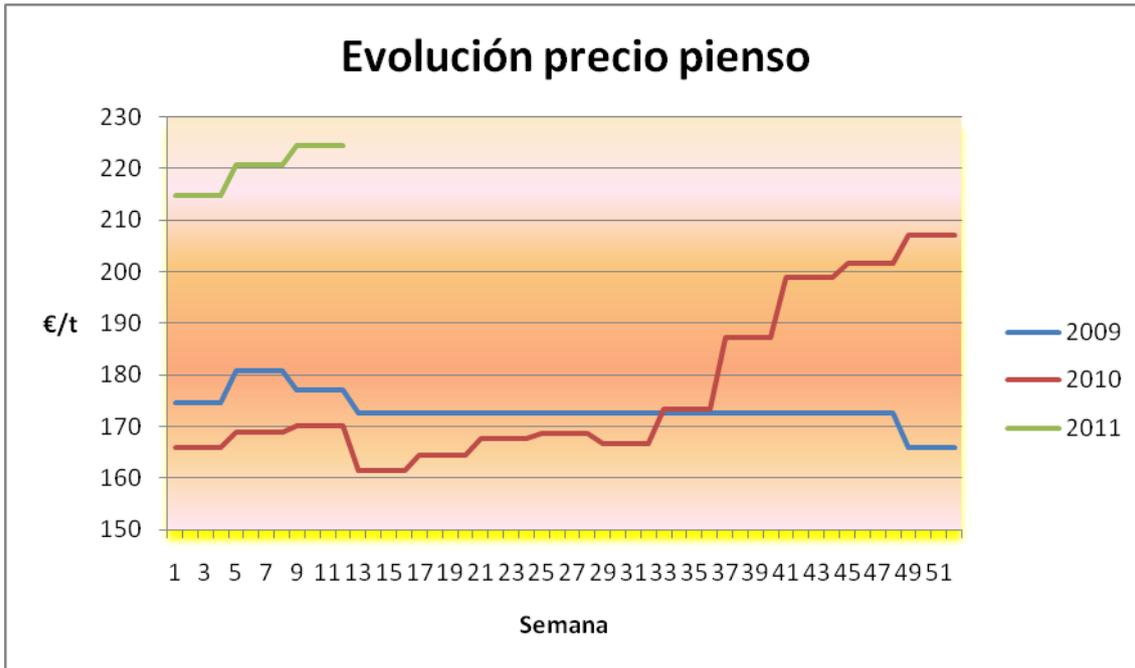
- A) Los periodos de precios bajos en lonja. En los últimos años el precio que se paga por kg de conejo vivo al productor ha ido descendiendo progresivamente. En 2007 el precio medio de la lonja de Madrid era de 1.71 € por kg de peso vivo, siguiendo una continua bajada los siguientes años hasta valores de 1.64 €/kg, 1.63 €/kg y 1.60 €/kg. en los años 2008, 2009 y 2010 respectivamente. Este descenso ha supuesto una reducción del margen de beneficio para los cunicultores. En la figura 1.3 se muestra la evolución semanal de los precios en la lonja de Madrid en los últimos años.



**Figura 1.3** Evolución semanal del precio del conejo en la lonja de Madrid.

Fuente: INTERCUN 2011.

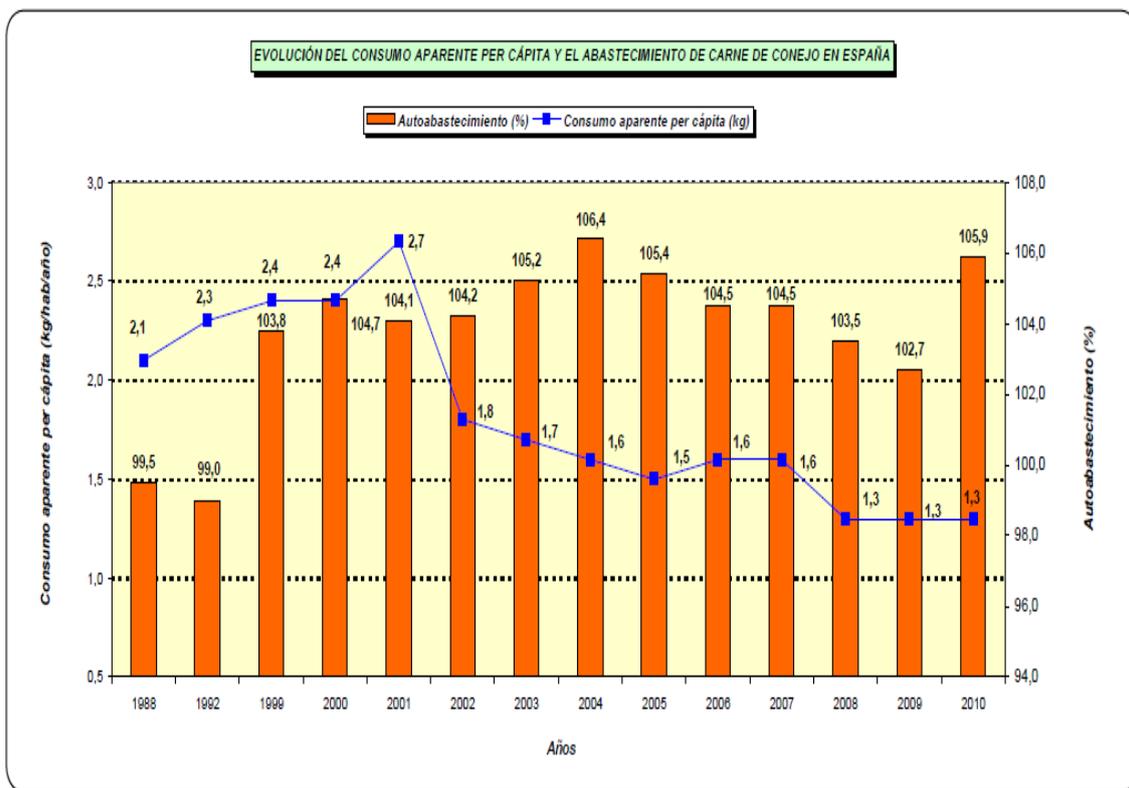
B) El aumento del precio del pienso, que principalmente ha repercutido en el cierre de las granjas de menor tamaño, menos tecnificadas y que no representaban el empleo principal del ganadero. En la figura 1.4 se observa la subida del precio del pienso en los últimos años a consecuencia, principalmente, de la subida del precio de las materias primas debido al incremento del consumo de los países emergentes (China, India o Brasil), producción de biocombustibles, malas campañas en los principales productores del hemisferio Norte y del hemisferio Sur, la aplicación del Pago Único (con desacoplamiento muy altos en algunos de los principales productores) que desincentivó el cultivo, la estrategia de reducción de *stocks* públicos, la limitación de las herramientas de intervención de los mercados, el aumento del precio del petróleo y la crisis financiera que favoreció el refugio en las materias primas de los capitales, entre otros.



**Figura 1.4** Evolución semanal del precio del pienso (€/t) de conejo en los últimos años.

Fuente: INTERCUN 2011.

- C) Estancamiento del consumo de carne de conejo que se mantiene desde 2008 en 1,3 kilogramos por habitante y año, lo que la sitúa en el quinto puesto en el consumo de carnes frescas (3%), lo que supone un consumo marginal. Como se observa en la figura 1.5, a pesar de las diversas campañas publicitarias realizadas por las diferentes asociaciones de productores, no se ha conseguido incrementar el consumo.



**Figura 1.5** Evolución del consumo aparente per cápita y el autoabastecimiento de carne de conejo en España.

Fuentes: MARM 2011.

A consecuencia de los problemas que presenta el sector, y que hemos descrito anteriormente, en los últimos cuatro años el descenso en el número de explotaciones cunícolas ha sido continuado (tabla 1.1). Así, en 2007 había 5.195 explotaciones censadas; en 2008, 4.749; y en 2009, 4.543. Por Comunidades Autónomas, a fecha de abril de 2011, destaca Cataluña con 1.476 explotaciones, seguida de Aragón con 358, Galicia con 317, Castilla y León con 298, Comunidad Valenciana con 245, Castilla-La Mancha con 221, Extremadura con 214 y Canarias con 195.

## INTRODUCCIÓN

**Tabla 1.1:** Evolución del número de explotaciones cunícolas por comunidades autónomas referidas desde junio de 2007 hasta abril de 2011.

### EVOLUCIÓN DEL NÚMERO DE EXPLOTACIONES CUNÍCOLAS POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS

CC. AA.	Número de explotaciones				
	jun-07	jun-08	jun-09	jun-10	abr-11
Andalucía	89	98	155	172	178
Aragón	425	396	377	365	358
Canarias	281	287	309	213	195
Cast-Mancha	315	282	247	225	221
Cast y León	324	346	326	304	298
Cataluña	2.176	2.064	1.905	1.536	1.476
Extremadura	102	154	185	200	214
Galicia	378	353	346	331	317
C.Valenciana	349	291	259	248	245
Resto	756	478	434	369	304
<b>ESPAÑA</b>	<b>5.195</b>	<b>4.749</b>	<b>4.543</b>	<b>3.963</b>	<b>3.806</b>

Fuente: MARM 2011.

El número de explotaciones cunícolas, a fecha 1 de abril de 2011, se redujo a 3,806, frente a las 3,963 existentes en el mes de junio de 2010, lo que supone una reducción de un 3,9 %, según los últimos datos del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM).

Los datos del MARM (tabla 1.2) recogen que, del total de explotaciones y según su clasificación zotécnica, destacan las dedicadas a la producción de gazapos para carne (3,087), seguidas de las dedicadas a la producción de caza para repoblación (237), a la multiplicación (62), a la selección (23), y a la inseminación artificial (20).

**Tabla 1.2.** Número de explotaciones de conejos en España según su clasificación zootécnica a 1 de abril de 2011

Número de explotaciones de conejos según clasificación zootécnica a 1 de abril de 2011		
Tipo	Nº explot.	%
Selección	23	0,6
Multiplic.	62	1,6
Insem. Artif.	20	0,5
Gazapos	3.087	81,1
Caza	237	6,2
Anim. Comp.	17	0,4
Otras	22	0,6
Sin clasif.	338	8,9
<b>Total</b>	<b>3.806</b>	<b>100,0</b>

Fuente: MARM 2011.

## 1.2. Características productivas y proyectos de desarrollo.

La producción cunícola tiene propiedades interesantes para la producción de alimento por distintas razones:

- Producen una carne muy nutritiva, con poca grasa y poco colesterol y un elevado contenido en proteína.
- Al ser animales herbívoros y capaces de consumir alimentos fibrosos, compiten menos con las personas por los alimentos y son menos dependientes del maíz o la soja que cerdos o aves.
- Los costos de inversión son bajos y los miembros más vulnerables de las familias pueden ocuparse de cuidarlos.
- Son muy productivos, tienen periodos de gestación y lactación breves.

Debido estas características, la FAO ha desarrollado varios proyectos para promocionar la introducción de la producción cunícola en países en desarrollo. Las grandes conferencias sobre la producción de conejo a menudo se han celebrado en países en desarrollo, y han abordado el potencial y los problemas del desarrollo de proyectos en países del Tercer Mundo. El III Congreso Mundial de Cunicultura en 1984 recibió el patrocinio de la FAO, con el título “Conejo: El Futuro de la Alimentación

Mundial”. En el congreso se recomendó a los gobiernos dar prioridad al desarrollo de proyectos de logística de conejo en sus planes nacionales de desarrollo.

Los gobiernos de algunos países en desarrollo han establecido formalmente los programas nacionales de conejo, dedicados a fomentar en la población la producción de conejos a pequeña escala. Ejemplos de casos de proyectos apoyados a través de políticas nacionales en países en desarrollo son: Brasil (Viana, 1986), Camerún (Lukefahr y Goldman, 1985), el Caribe (Owen, 1976; Huss, 1982; Rastogi *et al.*, 1986), China (Cheeke y Patton, 1987), Egipto (Mostageer *et al.*, 1970; Afifi *et al.*, 1976), Ghana (Mamattah, 1978), India (Damodar y Jatkar, 1985), Indonesia (Cheeke, 1983), Kenya (Wanjaiya y Pope, 1985), Corea del Sur (Lukefahr, 1979; Kim *et al.*, 1983), México (Campos *et al.*, 1980), Mozambique (Gaspari, 1984) y Filipinas (Bondoc *et al.*, 1986). En Egipto, el A.P.R.I. (Animal Production Research Institute) tiene actualmente vigente un programa de difusión de la carne de conejo a escala familiar (Youssef, comunicación personal).

No obstante, la cunicultura se topa con muchos obstáculos. Destaca la necesidad de impartir clases de capacitación en técnicas de producción cunícola, así como para el control de las enfermedades de la especie. Quizá la limitación más grande para la difusión de esta actividad sean los viejos prejuicios contra la carne de conejo, el uso creciente de conejos como mascotas, el no considerarlos productores de alimentos y las limitadas oportunidades de comercialización (Lukefahr y Cheeke, 1990). Un estudio de la FAO (Consulta de Expertos de la FAO sobre las aves de corral y producción de conejo. 1981) realizado en 64 países en desarrollo reveló que el 30 % de las personas entrevistadas, por motivos sociales, religiosos o de otro tipo rehúsan la cunicultura.

### **1.3. Organización de la mejora genética.**

En las últimas décadas, la producción cunícola ha pasado de ser una actividad familiar a ser una actividad industrial, en la cual se han incorporado mejoras en el diseño de alojamientos, estado sanitario, alimentación, etc. haciendo que se aumente la producción. Un apartado clave para este incremento de la productividad ha sido la aplicación de programas de mejora genética, que si bien sus consecuencias se observan a largo plazo, aseguran beneficios perdurables en el tiempo.

El objetivo final de un programa de mejora genética es la difusión del material genético seleccionado hacia los ganaderos y ya en los años setenta, en conejos, se estableció en Europa el esquema piramidal para trasladar el progreso genético hacia los ganaderos (Rochambeau, 2000). De manera similar a otras especies prolíficas como los cerdos y las aves de corral, en la cúspide de la pirámide tiene lugar la selección de líneas especializadas (líneas maternas y paternas) en lo que se denominan núcleos de selección. Un núcleo de selección de conejo con dos líneas maternas de 120 conejas cada una puede ser suficiente para la reposición de 80 granjas con un promedio de 400 hembras por explotación (Ramón *et al.*, 1996), teniendo en cuenta una tasa de sustitución de 120% (Ramón y Rafel, 2002). Los núcleos de selección deben proporcionar animales con buenas condiciones sanitarias, alta capacidad de producción y que sigan un programa genético con sentido de futuro (Torres *et al.*, 1997). El estrato inmediatamente inferior al núcleo de selección en el esquema piramidal corresponde a la multiplicación. Las multiplicadoras sirven de nexo de unión entre el núcleo de selección y las granjas de producción. A diferencia de lo que ocurre en porcino, en cunicultura no son frecuentes las multiplicadoras, siendo los propios ganaderos los que realizan los cruzamientos de las dos líneas maternas para producir las hembras cruzadas que necesitan en su explotación. Para ello, se recomienda que las hembras maternas, denominadas comúnmente abuelas, representen el 10% de las hembras productivas de la explotación, siendo el número mínimo de 10 abuelas y 3 abuelos, si se hace monta natural, para evitar problemas de muestreo (Baselga y Blasco, 1989). De esta forma, el ganadero que realiza la multiplicación presenta la ventaja de reducir los gastos en mejora genética y de reducir los problemas sanitarios y de adaptación (Gómez *et al.*, 1998). En cualquier caso, es necesario destacar que los animales de alto valor genético tienen que estar criados en buenas condiciones ambientales para poder expresar todo su potencial (Blasco, 1996).

En lo correspondiente a la organización de la mejora genética, en conejo, las líneas que se utilizan en los cruzamientos se seleccionan por métodos de selección intralínea (Baselga, 2004), es decir, atendiendo a su valor dentro de la línea, independientemente de su comportamiento en el cruzamiento. Las líneas especializadas de esta manera no son utilizadas como tales por los ganaderos, si no que, con tres líneas especializadas distintas se realizan dos cruzamientos para producir el gazapo de engorde, el primero entre dos líneas maternas para la producción de la hembra cruzada y, en el segundo,

estas hembras cruzadas se montan o inseminan con machos de una línea paternal para obtener el gazapo de engorde. La justificación del cruzamiento frente a la utilización de una única línea especializada está basada, entre otras razones, en las dificultades e inconvenientes de reunir en una misma línea caracteres de crecimiento y reproductivos excepcionales. Así, animales con buenos caracteres de crecimiento suelen presentar baja productividad numérica y son de formato grande, por lo que sus costes de mantenimiento son más elevados y presentan mayor dificultad para la adaptación al suelo de rejilla (Rosell, 2000). El cruzamiento a tres vías permite actuar de forma separada e intensamente sobre la eficacia reproductiva y de crecimiento. Con el primero de los cruzamientos, el de dos líneas seleccionadas por tamaño de camada, se obtiene la hembra cruzada. Los gazapos obtenidos de estas hembras cruzadas se producen a un bajo coste debido a la productividad numérica de sus madres. Además, las características maternas de estas hembras tienen gran importancia, pues el gazapo que después será sacrificado pasa alrededor del 50% de su vida con la madre.

### **1.4. La selección de caracteres de crecimiento. Historia e importancia.**

#### **1.4.1. Historia.**

La cunicultura industrial se inició en España a finales de los años 60 e inicio de los 70 del siglo XX. Se pasó de criar conejos en el suelo, de forma familiar, que se criaban para autoconsumo junto a otros animales (sobre todo aves de corral) a explotarlos en jaulas metálicas y locales construidos expresamente para la producción industrial.

Entre los años 1950 y 1970 la cunicultura de la Península utilizaba fundamentalmente conejos comunes o “del país”, entre los que se incluían el Gigante de España, aunque también se solían emplear animales de algunas poblaciones de razas foráneas, como el Neozelandés Blanco o el Californiano entre otros. La situación de la venta de reproductores en aquella época era la misma que se había producido en otras especies en los primeros momentos de su industrialización. El mercado de reproductores estaba dominado por pequeños criadores que vendían esencialmente animales de una u otra raza, pero sin que hubiera detrás un programa de mejora genética con bases científicas que lo sustentaran. Como ejemplo, en el año 1976 aparece el primer número de la revista “Cunicultura” (primera revista técnica sobre cunicultura

publicada en España), en la que los escasos anuncios de venta de reproductores hablan de “estirpes selectas” o “los reproductores mejor conformados”. En los siguientes años conviven estos pequeños ganaderos junto a productos provenientes del programa de selección francés o de compañías extranjeras. La genética en esta época se limitaba a esporádicas descripciones de los estándares raciales, con las típicas recomendaciones del tipo “las orejas deben ser robustas, velludas y ligeramente redondeadas en las puntas.... La nuca será corta, situada encima de una línea dorsal arqueada” (Blasco, 2002). A principios de los 80 se iniciaron los programas de selección de la Universidad Politécnica de Valencia y IRTA de Cataluña. De esta forma surgieron las primeras líneas paternas españolas, seleccionadas por velocidad de crecimiento, “Caldes” en el I.R.T.A. y en la U.P.V. la llamada línea R. Es de resaltar que la nomenclatura utilizada por la U.P.V. para denominar las líneas, trata de evitar cualquier asociación que se pudiera dar a estos animales un sentimiento nacionalista o regionalista, que después pudiera desviar el principal objetivo por el que se creó dicha línea. Además, se evitó el uso de los libros genealógicos, cosa nada habitual por aquella época en la mejora genética de otras especies.

En los últimos años, estas líneas de crecimiento han sido ampliamente difundidas debido a su utilización como macho terminal en el cruzamiento a tres vías (más habitual en conejos) y sobre todo por el gran desarrollo que ha sufrido la práctica de la Inseminación Artificial (IA), que ha permitido la aparición de granjas específicas de machos destinados a la IA, junto con piensos y jaulas específicas. Estos animales presentan como principales características un crecimiento mayor que el promedio de la especie cunícola (50-55 gramos por día durante el período de cebo) y un mayor peso adulto, pero también presentan una serie de peculiaridades reproductivas (inicio reproductivo tardío, menor deseo sexual, producción espermática baja, etc.) probablemente como consecuencia de la selección.

La rápida expansión de la IA en el conejo se vio asociada a la mejora organizativa en el manejo de las explotaciones y al incremento en el tamaño de las mismas, aunque su principal ventaja residía en la difusión de material genético. Por ello, en los últimos años las líneas de los llamados “machos de carne” (seleccionados por velocidad de crecimiento) son las principales fuentes de machos para los centros de IA.

En la actualidad existe una red (UPV-IRTA) con siete centros de inseminación asociados a la U.P.V. distribuidos por toda la península, que disponen de machos de la línea R, que suministran dosis de semen (como machos terminales) a un gran número de granjas comerciales.

La selección en las líneas paternas se hace o debería hacerse para mejorar el índice de conversión (IC) ya que es el carácter más importante desde el punto de vista económico (Baselga y Blasco, 1989; Armero y Blasco, 1992). Sin embargo, y debido a las dificultades de registros del IC individual, la mayoría de los esquemas de selección en las líneas de machos de carne utilizan como criterio de selección la velocidad de crecimiento post-destete. Este carácter es de fácil medición y tiene una correlación genética negativa y moderada con el IC, lo que permite esperar respuestas en éste cuando se selecciona por velocidad de crecimiento (Piles *et al.*, 2004). Estos esquemas permiten una mejora de aproximadamente 0.4-0.6 g/d por generación seleccionada, lo que conlleva como principales consecuencias una mejora del IC, aunque también a un aumento indeseable del tamaño adulto (Blasco *et al.*, 2003).

En los últimos años ha tomado especial importancia la selección genómica, y es actualmente uno de los principales retos en mejora genética animal. Su aplicación podría incrementar de forma considerable la tasa de ganancia genética en caracteres de interés. Sin embargo, el éxito de su implementación práctica depende de las particularidades de cada esquema de selección (Ibañez-Escriche y Gonzalez-Recio, 2011). El gran interés en su aplicación surgió como consecuencia de los grandes avances en tecnologías de secuenciación masiva y de genotipado que ha llevado al desarrollo, para la mayoría de especies ganaderas, de chips densos de SNP's (polimorfismos nucleotídicos sencillos), es decir variación que afecta a un nucleótido en la secuencia del ADN. En los últimos años, se han desarrollado chips de más de 50.000 SNP's para ganado vacuno, ovino y porcino. La mayor parte de la investigación llevada a cabo sobre aplicaciones de la selección genómica se ha realizado en vacuno de leche, dado los problemas implícitos en esta especie, como la expresión del carácter de interés en un solo sexo o las costosas y largas pruebas de progenie. El interés por la selección genómica aplicada a todas las especies comerciales va en aumento, valga como ejemplo que, en el último congreso sobre genética aplicada a producción ganadera (9th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production) celebrado en Alemania en agosto de 2010, aproximadamente un 30 % de los trabajos presentados trataron de la

selección genómica en diferentes especies (vacuno leche y de carne, porcino, ovino, gallinas, etc.).

La selección genómica consiste, básicamente, en elegir a los mejores animales en base a su genoma. La clave de este método es que son usados todos los marcadores que cubren el genoma y por lo tanto, potencialmente, los marcadores explican toda la varianza genética. Además, dado el alto número de marcadores se asume que alguno de ellos estará en desequilibrio de ligamiento (LD) con los genes implicados en el control de los caracteres. El éxito de la selección genómica se basa en aprovechar LD, la asunción es que los efectos de los segmentos de cromosoma serán igual en todas las poblaciones porque los marcadores están en LD con los genes implicados en el control de los caracteres que flanquean. En consecuencia, para que la selección genómica sea posible, se necesita una densidad de marcadores suficiente que asegure que todos los genes implicados en el control de los caracteres estén en LD con uno o varios marcadores. Actualmente, dado el desarrollo tecnológico de genotipado, se dispone de una gran cantidad de marcadores (SNP's) que posibilitan la aplicación de esta metodología. Por ejemplo, existen chips de medio millón de SNP's en vacas, y 50,000 SNP's en ovejas, cerdos y pollos, lo que se traduce en una densidad de 10 a 20 SNP's por cada centimorgan. La implementación de la selección genómica consiste básicamente en dos pasos: el primero donde se estima los efectos de los segmentos del cromosoma en la población de referencia y el segundo donde se predice el valor genómico de los animales candidatos a la selección.

En conejos, la selección genómica pudiera ser interesante para caracteres con baja heredabilidad, expresados en un solo sexo (por ejemplo tamaño de camada) o en caracteres que necesitan el sacrificio del animal (por ejemplo calidad de carne). Sin embargo, existen principalmente tres factores que limitan la aplicación de la selección genómica:

- 1- El chip de SNP's aún no está disponible.
- 2- El conejo tiene un intervalo generacional pequeño, lo que implica una modificación rápida del desequilibrio de ligamiento y la necesidad consiguiente de re-estimar las ecuaciones de predicción.
- 3- Bajo valor económico de los progenitores en comparación con otras especies ganaderas.

Además, la producción cunícola, en comparación con otras especies, tiene poca importancia económica y su producción se reduce a determinados países. Como consecuencia de lo expuesto anteriormente unido al estado actual de crisis, es difícil justificar el coste económico que supone la selección genómica en el caso del conejo. No obstante, la futura investigación debería reducir los costes de genotipado, y quizás pudiera llegar a tener interés para algunos caracteres como el de resistencia a enfermedades.

### **1.4.2. Importancia.**

En estas líneas nos centraremos en la importancia del índice de conversión (IC) en el periodo de cebo. El objetivo es conseguir bajos índices de conversión, así como la mínima mortalidad posible.

El I.C. en cebo es la relación entre los kg. de pienso consumido y los kg. de ganancia de peso durante el cebo (Peso final – Peso al destete). Si incluimos el alimento de los conejos que han muerto o que se han retirado tenemos el IC económico, y si eliminamos el efecto de la mortalidad, es decir, kg. de pienso consumido por los gazapos que han llegado al final de cebo entre kg. de ganancia de peso en el cebo, tenemos el IC técnico. Según los datos de la Gestión Técnica Económica (GTE) de 1999 (Rafel, 2002), la reducción de cada décima del índice de conversión representa un ahorro por gazapo de unos 0.04 €, que en la época actual de subida continua del precio del pienso, este ahorro pudiera ser mucho mayor.

Pese a su importancia, el IC es un carácter caro de medir tanto en instalaciones como en mano de obra. La velocidad de crecimiento de destete a sacrificio es más fácil y barato de medir y presenta una correlación genética negativa. Por ejemplo, Piles *et al.* (2004), observó que la correlación entre velocidad de crecimiento e IC era de -0.47 en la línea R, por lo que en la práctica se utiliza como criterio de selección la velocidad de crecimiento estimada a partir de la diferencia entre peso al sacrificio y peso al destete.

La selección por crecimiento tiene las siguientes consecuencias:

1. Aumento de la velocidad de crecimiento.
2. Mejora del índice de conversión al peso comercial.
3. Aumenta el peso adulto.

4. Aumento del apetito.
5. Cambios en la composición corporal al peso comercial.
6. En ocasiones puede originar problemas reproductivos.

A nivel productivo, lo que interesa a los cunicultores es que el gazapo alcance el peso comercial lo antes posible (reducción del periodo de cebo) y de esta manera reducir los gastos ocasionados al prolongar el periodo de engorde. De esta forma, incrementar la velocidad de crecimiento tiene como consecuencias, que:

- Se podrá disponer de las jaulas de engorde con anterioridad, ya sea para su limpieza o para ser ocupadas por otros animales.
- Habrá una reducción de la mano de obra necesaria en el periodo de cebo. En la cunicultura existe poca mano de obra asalariada, y en la mayoría de explotaciones el empresario se dedica exclusivamente a la granja con ayuda de mano de obra familiar. Sin embargo, en la actual situación de crisis, muchos cunicultores se han visto en la tesitura de complementar la actividad en la granja junto con algún trabajo, sobre todo en el sector agrario, con lo que la reducción de mano de obra necesaria en la explotación adquiere mayor importancia.
- Se reducirá el IC. Teniendo en cuenta que el mayor coste en una explotación cunícola es la alimentación, que supone entre un 65-75 % del total (Arveux, 1983), donde el periodo de cebo representa un 40 % del total, aunque en el momento actual de subida de pienso este coste ha aumentado considerablemente. De esta forma, en granjas medianas, una décima de diferencia en el IC, puede representar varias toneladas de pienso. Diferentes autores (García *et al.*, 2002; Ramon *et al.*, 2004; Rosell y Pérez, 2005) han recogido las mejoras que se han ido produciendo en el índice de conversión global. Así, en 2002 este índice era de 3.77, pasando a 3.72, 3.65 y 3.60 en 2003, 2004 y 2005 respectivamente.

### **1.5. Líneas maternas.**

#### **1.5.1. Selección.**

Los métodos de selección de las líneas maternas se puede decir que, en general, son más complicadas que en líneas paternas (Baselga, 2004), porque los machos no expresan por si mismos los rasgos de tamaño de camada y la heredabilidad de los

caracteres reproductivos es tan baja que se hace necesario considerar durante la evaluación genética tantos datos propios y de parientes como sea posible, lo que hace que el intervalo generacional en estas poblaciones sea más largo que en el caso de la selección de las líneas paternas y, en consecuencia, podrían ser necesarios tener en cuenta algunos efectos fisiológicos y ambientales en los modelos de evaluación (Armero *et al.*, 1995). La capacidad reproductiva es uno de los rasgos económicos más importantes en la producción de carne de conejo (Armero y Blasco, 1992; Sorensen *et al.*, 2001), por lo que un objetivo importante de la selección es mejorar la producción anual por hembra. El tamaño de la camada al nacimiento o al destete han sido los criterios de selección principales en muchos experimentos de selección en conejos (Rouvier, 1981; Estany *et al.*, 1989; García-Ximenez *et al.*, 1996; Gómez *et al.*, 1996; Brun *et al.*, 1998; El-Raffa *et al.*, 2000). La ventaja de la selección de tamaño de la camada al destete en comparación con la del número de gazapos vivos al nacer es la consideración indirecta de la producción de leche y la capacidad materna de la madre. La desventaja es la menor heredabilidad. El tamaño de la camada a los 63 días, fecha indicadora del final del cebo, tiene importancia económica para el cunicultor, pero considerar este criterio de selección implicaría un mayor intervalo generacional y además la mortalidad de los gazapos a esta edad está más afectada por los efectos ambientales que por los efectos genéticos de la madre (García *et al.*, 1982). Hay otros objetivos para la selección de líneas maternas como el número de las pezones (Rochambeau *et al.*, 1988), peso de la camada al destete o producción total de leche (Khalil *et al.*, 2002; Garreau *et al.*, 2004; Abou Khadiga, 2008; Al-Saef *et al.*, 2008; Youssef *et al.*, 2008). Otros importantes caracteres reproductivos que pueden ser considerados son los componentes de tamaño de la camada como tasa de ovulación, supervivencia fetal o capacidad uterina. La selección por tasa de ovulación y capacidad uterina se han propuesto como formas indirectas para mejorar la supervivencia prenatal y el tamaño de camada en conejos (Ibáñez-Escriche *et al.*, 2004, 2006; Blasco *et al.*, 2005; Mocé *et al.*, 2005; Santacreu *et al.*, 2005). La selección por hiperprolificidad en poblaciones comerciales de conejo ha sido una forma exitosa para fundar líneas maternas (Cifre *et al.*, 1998a). Lo mismo puede decirse para la hiperlongevidad de las hembras, que se ha introducido recientemente en los programas de selección de conejo (Sánchez *et al.*, 2004, 2008), aunque es difícil de mejorar a través de métodos convencionales de selección, debido a la baja heredabilidad del carácter, el tiempo necesario para obtener la información y la presencia de datos censurados. Sánchez *et al.*

(2004) estudiando la correlación entre longevidad y tamaño de camada observaron que no son objetivos antagónicos en programas de cría y selección.

En los últimos 40 años se han llevado a cabo muchos experimentos para desarrollar nuevas líneas siguiendo los criterios anteriormente citados. El comienzo fue en Francia, seguido por España, y luego en muchos países de todo el mundo. El INRA en Francia ha desarrollado varias líneas maternas seleccionando por tamaño de camada (INRA1077, INRA2066, INRA2666 e INRA1777), el IRTA, en Barcelona creó la línea Prat (Piles *et al.*, 2006) y en el departamento de Ciencia Animal de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) existen cuatro líneas maternas (A, V, H y LP) cuyo programa de selección se inició en 1976 con la línea A. La descripción de cada una de ellas, se desarrollará con más detalle en el apartado *Material y Métodos* del presente trabajo, ya que serán las líneas sobre las que se centra este estudio.

### **1.5.2. Relación con los caracteres de crecimiento.**

Uno de los aspectos difíciles en la mejora genética del conejo es la estimación de la relación que existe entre los caracteres reproductivos y de crecimiento. La información disponible en la bibliografía sobre las estimas de las correlaciones genéticas entre caracteres reproductivos y de crecimiento se caracteriza por ser contradictoria, variando en algunos casos de signo en función de la línea objeto del estudio, y por ser, en general, poco precisas.

Falconer y Mackay (1996) indican que el error típico de la correlación genética entre dos caracteres es directamente proporcional a la raíz cuadrada del error típico de las estimas de la heredabilidad de los dos caracteres e inversamente proporcional a la raíz cuadrada de las heredabilidades de los dos caracteres. La baja heredabilidad que presentan los caracteres reproductivos y los elevados errores típicos de las estimaciones hacen que la precisión de las estimas de sus correlaciones genéticas sea pequeña.

Khalil *et al.* (1987) indican correlaciones genéticas positivas entre el tamaño de camada al nacimiento o al destete con el peso de la camada a estas edades ( $0.76 \pm 0.75$  y  $0.75 \pm 0.62$ , respectivamente), sin embargo este estudio se caracteriza por el bajo número de datos que conlleva que el error de estimación sea alto. Khalil *et al.* (1986) indican que aunque la selección por caracteres reproductivos tiene una respuesta correlacionada

positiva en el peso total de las camadas, la correlación con el peso individual de los gazapos es negativa.

En 1990, Camacho y Baselga estimaron las correlaciones genéticas entre el tamaño de camada al destete y el peso al destete para las líneas A y V, las estimas que obtuvieron fueron  $-0.02$  y  $-0.30$ , respectivamente. Para el caso del peso al sacrificio las estimas fueron  $0.00$  y  $-0.28$  y para la velocidad de crecimiento en el periodo de engorde de  $0.04$  y  $-0.23$ .

Garreau *et al.* (2000) estiman la correlación genética entre el tamaño de camada al nacimiento (4,042 camadas) y el peso en la semana 10 de vida de los gazapos (28,325 datos) y la ganancia diaria en el periodo de engorde (27,552 datos). Las estimas obtenidas fueron positivas pero bajas ( $0.07$  y  $0.18$ , respectivamente) y los errores estándar variaron entre  $0.02$  y  $0.12$ . Gómez *et al.* (2000) estimaron la correlación genética entre el peso de la camada al destete y el tamaño de camada al nacimiento, no siendo diferente de cero ( $-0.06 \pm 0.084$ ). García y Baselga (2002b) estimaron las correlaciones genéticas para la línea V entre tamaño de camada al destete y peso al destete, peso al sacrificio y ganancia media diaria de  $0.049 \pm 0.068$ ,  $-0.025 \pm 0.077$  y  $0.059 \pm 0.059$  respectivamente.

Pese a todo, las correlaciones descritas anteriormente, tienen una magnitud baja, lo que significa que no es esperable un cambio importante de los caracteres de crecimiento como consecuencia de la selección por tamaño de camada.

Como se ha comentado a lo largo de toda la introducción, las líneas maternas de conejo se seleccionan, normalmente, para mejorar el tamaño de camada al nacimiento o al destete. Sin embargo, no debemos dejar de lado los caracteres de crecimiento de las mismas ya que la hembra reproductora proviene de un cruzamiento doble de dos líneas maternas (en el esquema de cruce a tres vías, que es el más utilizado en conejo), por lo que cada línea maternal aportará el 25% de sus genes a los gazapos destinados a sacrificio, y por tanto es importante que los caracteres de crecimiento de estas líneas maternas durante el cebo mantengan un nivel aceptable, y ello, a ser posible, desde su fundación.

## 2. OBJETIVOS

## OBJETIVOS

---

El principal objetivo de este estudio es la comparación de caracteres de crecimiento (peso al destete, peso al sacrificio y ganancia media diaria) en cuatro líneas maternas de conejos (A, V, H y LP) fundadas bajo distintos criterios, pero seleccionadas todas ellas para tamaño de camada al destete, incluyendo todos los datos de crecimiento y de genealogía desde el momento de su fundación.

Para conseguir este propósito se seguirán los siguientes pasos:

- 1.- Estimar las heredabilidades de una serie de caracteres de crecimiento y del número de destetados, así como las correlaciones que existen entre estos dos grupos de caracteres.
- 2.- Determinar las diferencias, en estos caracteres de crecimiento, entre las líneas en los distintos momentos de su fundación.
- 3.- Comparación en un periodo de tiempo fijo de las líneas. Los periodos elegidos para la comparación van desde marzo de 1997 hasta agosto de 1998 para las líneas A, V y H y desde diciembre de 2009 hasta noviembre de 2010 para las líneas A, V y LP. Para las líneas H y LP no se realizó comparación porque sólo compartieron dos años-estación en las mismas instalaciones. Esta comparación trató de no ser dependiente del modelo genético, utilizándose únicamente los datos obtenidos durante el tiempo de comparación.

### 3. MATERIAL Y MÉTODOS

### **3.1. Animales.**

El presente trabajo se ha llevado a cabo en cuatro líneas maternas de conejos alojadas en las instalaciones de la Universidad Politécnica de Valencia. Estas líneas son la A, V, H y LP. En los siguientes apartados se describe el manejo y el proceso de selección de dichas líneas.

#### **3.1.1. Manejo.**

Los animales de las líneas A, V y LP se han mantenido desde su fundación hasta la actualidad en la misma granja del Departamento de Producción Animal de la Universidad Politécnica de Valencia. La línea H se alojó en esta granja hasta la 10ª generación de selección (mayo 2004), época en que fue trasladada a otra granja situada a 180 Km. al norte de Valencia (Sant Carles de la Rápita, Tarragona). Estas líneas se han mantenido como poblaciones cerradas desde el momento de su fundación hasta la actualidad. En las cuatro líneas, la selección por tamaño de camada al destete se realizó sin solapar reproductivamente las generaciones. Las hembras de la siguiente generación eran seleccionadas de los mejores apareamientos evaluados. Cada macho contribuía con un hijo a la siguiente generación, que se seleccionaba del mejor apareamiento de cada macho.

Las hembras fueron cubiertas por primera vez alrededor de las 17 semanas de edad y posteriormente a los 10-12 días post parto, realizándose el diagnóstico de gestación mediante palpación abdominal el día 12 post-cubrición. Hubo una excepción en este manejo, en las líneas V y LP, desde diciembre 2003 hasta noviembre de 2005, periodo en que las hembras fueron cubiertas el día 25 días post-parto. Las hembras que no aceptaban el macho eran de nuevo presentadas al macho una semana después y las conejas que no resultaban gestantes eran vueltas a cubrir. Siempre se evitaron apareamientos entre animales que tuvieran abuelos comunes como una medida para controlar el incremento de la consanguinidad. El equipamiento utilizado en la granja fue común a todas las líneas, exceptuando los comederos utilizados desde septiembre de 1998 hasta noviembre de 2003, que fueron diferentes para la línea H.

Las camadas fueron siempre criadas durante 28 días por sus propias madres, sin realizarse adopciones. En el destete, los gazapos eran identificados individualmente mediante un número tatuado en su oreja y alojados en jaulas colectivas de nueve

individuos hasta la edad de sacrificio (63 días). Durante este periodo de crecimiento, los animales se alimentaron mediante un pienso comercial administrado “*ad libitum*”. Durante el periodo de engorde, los lotes eran de aproximadamente 8-9 individuos y en general las camadas se mantenían juntas durante todo el cebo.

### **3.1.2. Línea A.**

Los trabajos de fundación de la línea A se iniciaron en 1976 muestreando conejos de la raza Neozelandesa Blanca (NZW), criados por cunicultores en las proximidades de Valencia (España). El criterio usado para la creación de la línea A fue que los fundadores estuvieran aparentemente sanos y que se les considerase como pertenecientes a dicha raza. Después de tres generaciones sin selección, la línea es seleccionada, desde 1980, por un índice familiar para aumentar el tamaño de la camada al destete (Baselga *et al.*, 1984; Estany *et al.*, 1989). En la actualidad se ha alcanzado la generación 41 y la línea se mantiene cerrada desde su fundación. En el análisis se incluyen datos desde la primera generación hasta la generación 41.

### **3.1.3. Línea V.**

La línea V es una línea maternal fundada en el año 1981 mediante el cruce de cuatro líneas sintéticas de aptitud maternal. Después de tres generaciones sin selección, la línea es seleccionada para aumentar el tamaño de la camada al destete (Estany *et al.*, 1989). El método de evaluación de los animales es BLUP con un modelo animal de repetibilidad. En la actualidad se ha alcanzado la generación 37 y la línea se mantiene cerrada desde su fundación. En el análisis se incluyen datos desde la primera generación hasta la generación 37.

### **3.1.4. Línea H.**

La línea H fue fundada aplicando una gran intensidad de selección para caracteres de prolificidad muestreando animales de una gran población comercial, repartida por diferentes granjas españolas y empleando técnicas de criopreservación (García Ximénez *et al.*, 1996; Cifre *et al.*, 1998a). Los animales seleccionados para fundar la línea H, debían satisfacer uno o ambos de los siguientes criterios: tener 17 o más nacidos vivos en una camada o tener un número de nacidos vivos en todos los partos registrados iguales o superiores al umbral correspondiente al 1% mejor de una población con una

media de 9 conejos nacidos vivos por camada, una desviación estándar de 2,65 conejos/camada y una repetibilidad de 0,2. La primera etapa se realizó en 1993 para obtener descendencia masculina por histerectomía de 20 hembras hiperprolíficas, apareadas con los nueve machos de la línea V mejor evaluados para prolificidad de entre los diferentes núcleos de la red U.P.V (Baselga *et al.*, 1992). En un segundo paso, un nuevo lote más numeroso de hembras hiperprolíficas (87 conejas) fueron apareadas con los machos provenientes de la primera etapa (47 machos) obteniéndose 464 animales de 63 días que constituyeron la generación 0 de la línea H. En la actualidad se ha alcanzado la generación 18 y después de su fundación el criterio de selección es el tamaño de la camada al destete. El método de evaluar a los animales es el mismo que el indicado para la línea V. En el análisis se incluyen datos desde la primera generación hasta la generación 10.

### **3.1.5. Línea LP.**

La línea LP fue fundada seleccionando hembras en granjas comerciales caracterizadas por su alta longevidad y que estuvieran por encima de la prolificidad media de la población (Sánchez, 2005 y Sánchez *et al.*, 2008). Se decidió aplicar una muy alta intensidad de selección para la longevidad de forma similar a los procesos de hiperprolificidad anteriormente comentados para el caso de conejos (Cifre *et al.*, 1998a) y a los desarrollados en cerdos (Bichard y David, 1985; Sorensen y Vernerisen, 1991; Herm *et al.*, 1994; Noguera *et al.*, 1997) también para prolificidad. La fundación de la línea LP tuvo lugar en tres etapas y comenzó en abril de 2002. En un primer paso se detectaron 15 hembras hiperlongevas en ocho granjas comerciales. Fueron inseminadas con semen de machos de la generación 27 de la línea V. El segundo paso fue tener descendencia de un nuevo lote de hembras LP después de aparearlas con los machos obtenidos de la primera etapa. Otro conjunto de 15 hembras hiperlongevas fue seleccionado y alojado en el mismo lazareto que el lote anterior. Finalmente, la generación base de la línea LP quedó constituida a partir de la progenie de 32 hembras hiperlongevas detectadas en 25 granjas de España y Portugal e inseminadas con 17 machos obtenidos en la etapa anterior. Una vez fundada la línea, esta se selecciona por tamaño de camada al destete (Ragab y Baselga, 2011), y el método de evaluar a los animales es el indicado para las líneas V y H. Actualmente, la línea LP se encuentra en la generación 6. En el análisis se incluyen datos desde la primera generación hasta la generación 6.

### 3.2. Caracteres estudiados.

Los caracteres de crecimiento estudiados fueron:

- **PD:** Peso al destete (28 días).
- **PS:** Peso al sacrificio (63 días).
- **GMD:** Ganancia media diaria entre ambos periodos.

Se consideraron un total de 323,208 registros de PD, 300,553 de PS y GMD, y 46,708 de tamaño de camada al destete (ND). La genealogía completa asociada a este conjunto de datos incluyó 346,638 animales de los que 108,386 pertenecían a la línea A, 164,483 a la línea V, 36,251 a la línea H y 37,518 a la línea LP.

### 3.3. Análisis estadístico.

Tanto para la estimación de los componentes de varianza como para la estimación de las diferencias entre las líneas en el origen para PD, PS y GMD se plantearon modelos bicarácter de cada uno de los caracteres anteriores con el tamaño de camada al destete, con el fin de que las estimas de los parámetros genéticos y de los factores del modelo no estuviesen sesgadas por la selección (Sorensen y Johansson, 1992).

#### 3.3.1. Caracteres de crecimiento.

El modelo para cada uno de los caracteres de crecimiento fue:

$$Y_{ijklmn} = LAE_j + OP_k + b_1 NV + a_l + m_m + cO_n + e_{ijklmn}$$

donde:

$Y_{ijklmn}$  es un registro del carácter del animal l.

$LAE_j$  es el efecto de la combinación línea-año-estación, línea a la que pertenece el animal l y el año-estación en que se produce el parto (un año-estación cada 3 meses: 298 niveles para el conjunto de las 4 líneas).

$OP_k$  es el efecto del orden de parto en que nace el animal (5 niveles: 1°, 2°, 3°, 4° y >4°),

$NV$  es la covariable número de nacidos vivos de la camada en que nació el animal.

$a_l$  es el efecto aleatorio del valor aditivo del animal l.

$m_m$  es el efecto aleatorio de la madre (el individuo  $m$  es la madre del individuo  $l$ ).

$co_n$  es el efecto aleatorio de la camada en que ha nacido el animal  $l$ .

$e_{ijklmn}$  es el error.

### 3.3.2. Tamaño de camada.

El modelo para el tamaño de camada al destete fue:

$$ND_{jkl} = LAE_j + EF_k + a_l + p_l + e_{ijkl}$$

donde:

ND es el tamaño de camada al destete de un parto de la hembra  $l$ .

$LAE_j$  es el efecto de la combinación línea-año-estación, línea a la que pertenece el animal  $l$  y año-estación en la que se produce el parto (un año-estación cada 3 meses: 290 niveles).

$EF_k$  es el efecto del estado fisiológico de la hembra que genera el parto en el momento de la cubrición (5 niveles: nulípara, primípara lactante, primípara no lactante, múltipara lactante y múltipara no lactante).

$a_l$  es el efecto aleatorio del valor aditivo de la hembra.

$p_l$  es el efecto aleatorio permanente, no aditivo, asociado a la hembra  $l$ .

$e_{ijklmn}$  es el error.

La estructura de correlación asumida entre ambos caracteres es la que a continuación se describe: los efectos aditivos de ambos grupos de caracteres se asumieron correlacionados entre sí, al igual que los efectos maternos de los caracteres de crecimiento ( $m_m$ ) con los permanentes no aditivos del número de destetados ( $p_l$ ). A la correlación entre estos efectos la llamaremos correlación permanente. Además, para terminar de precisar la estructura de covarianza ambiental entre cada uno de los caracteres de crecimiento y ND, el término  $e_{ijklmn}$  del modelo de ND se dividió en dos,  $c$  y  $e^*$ , el primero lo consideraremos correlacionado (representando la correlación residual) con el efecto de camada de origen del modelo de los caracteres de crecimiento y el segundo incorrelacionado (García y Baselga, 2002b). Por lo tanto el término  $c$ , para el carácter de tamaño de camada, recogerá los efectos específicos para el parto que se

está considerando y que además afectan simultáneamente a su tamaño de camada y al crecimiento de los gazapos nacidos en el mismo. Mientras que el término  $e^*$  recoge efectos específicos para cada parto que no influyen sobre el crecimiento de los gazapos de ese mismo parto.

Tanto la estimación de los componentes de varianza de los modelos como las de los efectos fijos y aleatorios se llevó a cabo usando el programa gibbs2f90 (Misztal *et al.*, 2002). Este programa emplea métodos Bayesianos MCMC con las asunciones a priori que normalmente se usan para este tipo de modelos lineales (Sorensen y Gianola, 2002).

### **3.4. Comparación de las líneas en el origen.**

De una manera similar a la empleada por Ragab y Baselga (2011), a partir de las estimas de los efectos LAE se calcularon las diferencias entre cada par de líneas en el origen. Para ello se consideró la diferencia entre los promedios de los efectos de los niveles de LAE en los que coexistieron animales de las dos líneas involucradas en la comparación y sus condiciones ambientales fueron exactamente las mismas. Como el modelo de análisis incluyó el efecto genético aditivo a través de la genealogía hasta la generación de fundadores, las diferencias entre las líneas se referirán al momento de sus respectivas fundaciones. Los periodos en que coexistieron y compartieron idénticas condiciones ambientales en la granja de las instalaciones de la U.P.V. fueron: desde junio de 1982 hasta noviembre de 2010 para las líneas A y V, exceptuando el periodo entre diciembre de 1998 y diciembre de 2005; desde junio de 1996 hasta agosto 1998 para las líneas A y H; desde diciembre del 2005 hasta noviembre de 2010 para las líneas A y LP; desde junio de 1996 hasta agosto 1998 para las líneas V y H; y desde diciembre de 2003 hasta noviembre de 2010 para las líneas V y LP.

Las diferencias entre las líneas en su origen se obtuvieron aplicando a las realizaciones de la distribución marginal de los efectos de LAE una matriz que consideraba los contrastes en los periodos arriba indicados, obteniéndose así realizaciones de las distribuciones marginales de las diferencias en origen entre las líneas.

### **3.5. Comparación de las líneas en un tiempo fijo.**

Esta comparación se realizó en dos periodos: desde marzo de 1997 hasta agosto de 1998 para las líneas A, V y H (corte 1) y desde diciembre de 2009 hasta noviembre de 2010 (corte 2) para las línea A, V y LP. Esta comparación se hizo de manera independiente del modelo genético (el efecto aditivo fue excluido del modelo), y utilizando únicamente los datos obtenidos durante el tiempo de comparación. De esta forma, los modelos estadísticos utilizados en este análisis fueron los mismos modelos usados en el apartado 3.4. y anteriormente descritos, pero sin considerar el efecto aditivo. Las funciones estimables utilizadas para los contrastes, diferencias observadas entre las líneas, se calcularon como se ha explicado en el apartado anterior.

### **3.6. Comparación entre diferencias esperadas y observadas de las líneas en un tiempo fijo.**

Las diferencias esperadas entre las líneas en un tiempo fijo se pueden calcular como el contraste entre las líneas durante los años-estación compartidos en los periodos del corte 1 y corte 2 (a partir de las estimas de los efectos de LAE de esos cortes), utilizando el modelo completo más la diferencia entre el promedio de los valores aditivos de los animales que han vivido en él.

Al igual que para los contrastes entre las líneas y en los cortes, en cada iteración del Gibbs Sampler se obtuvieron realizaciones de las distribuciones marginales posteriores de las predicciones, tras aplicar una matriz de contrastes a los muestreos de los efectos de LAE que reflejaban los periodos considerados en los cortes, y sumarle las diferencias entre los promedios de los valores genéticos, muestreados en esa iteración, para los animales considerados en los cortes.

La comparación entre las diferencias esperadas y las observadas nos permitirán obtener una indicación del valor explicativo de los modelos utilizados en la descripción de los datos. Una alta similitud entre los valores esperados y los observados indicará un buen comportamiento de los modelos empleados para predecir valores genéticos y estimar las diferencias entre las líneas.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Estadísticos descriptivos.

La media y desviación típica para número de destetados (ND), peso al destete (PD), peso al sacrificio (PS) y ganancia media diaria (GMD) se presenta en la tabla 4.1. Estos estadísticos descriptivos fueron calculados con los datos de las cuatro líneas para todos los datos utilizados en este trabajo, desde la fundación de las líneas hasta la actualidad.

**Tabla 4.1.** Estadísticos descriptivos para número de destetados, peso al destete, peso al sacrificio y ganancia media diaria.

Carácter	N	Media	SD	Min	Max
<b>ND</b>	46,708	7.84	2.95	0.00	16.00
<b>PD (kg.)</b>	323,208	0.57	0.13	0.10	1.30
<b>PS (kg.)</b>	300,553	1.86	0.26	0.80	3.46
<b>GMD (g./día)</b>	300,553	36.77	5.70	3.42	79.43

N. número de observaciones; ND, número destetados; PD, peso al destete; PS, peso al sacrificio; GMD, ganancia media diaria.

Hay que resaltar varios resultados en la tabla 4.1., uno es la gran cantidad de datos que se han tenido en cuenta, y que ofrecen una visión global del conjunto de las líneas, es decir para hallar la media de ND se han utilizado los datos desde la generación base hasta las actuales, y por tanto los resultados de las generaciones actuales (cada línea con sus diversas generaciones de mejora) son superiores, por ejemplo, para ND se obtuvo para la línea A una media de 8.36 en la generación 38, para la V una media de 8.2 en la generación 34, para la H una media de 8.82 en la generación 15 y para la LP una media de 8.27 en la generación 4. Otra cuestión que se puede observar es que pese a que el conjunto de las líneas maternas tiene un nivel medio aceptable para los caracteres de crecimiento (caracteres para los que no han sido seleccionadas), el crecimiento es menor que para las líneas paternas, valga como ejemplo los resultados obtenidos por Feki *et al.* (1996), quienes compararon la línea paternal R, con 19 generaciones de mejora por velocidad de crecimiento, con las líneas A y V con 18 y 14 generaciones de selección por tamaño de camada al destete respectivamente, observando la superioridad de la línea R en 74g. más de media para peso a destete y una ganancia diaria de peso superior de 10.1 g/d.

## 4.2. Parámetros genéticos.

### 4.2.1. Heredabilidad.

Los parámetros genéticos estimados para el conjunto de las líneas A, V, H y LP se muestran en la tabla 4.2. Las estimas de las heredabilidades fueron de  $0.06 \pm 0.00$  para ND,  $0.07 \pm 0.00$  para PD,  $0.19 \pm 0.00$  para PS y de  $0.21 \pm 0.00$  para GMD. Es de destacar el pequeño valor de los errores típicos de las estimas de las heredabilidades, consecuencia del elevado número de datos utilizados.

**Tabla 4.2.** Estadística de las distribuciones posteriores marginales estimadas para las heredabilidades ( $h^2$ ) de los caracteres de crecimiento y número de destetados.

Carácter	Media	Mediana	S.D.	HPD	MCE
<b>ND</b>	0.06	0.06	0.00	0.05 , 0.07	0.00
<b>PD</b>	0.07	0.07	0.00	0.07 , 0.10	0.00
<b>PS</b>	0.19	0.19	0.00	0.17 , 0.21	0.00
<b>GMD</b>	0.21	0.21	0.00	0.19 , 0.22	0.00

ND: número destetados, PD: peso al destete, PS: peso al sacrificio, GMD: ganancia media diario, HPD: intervalo más corto que contiene el 95% de la densidad, MCE: Error de Monte Carlo.

Para el número de destetados, diversos autores (Rochambeau *et al.*, 1994; Rastogi *et al.*, 2000; Sorensen *et al.*, 2001; Piles *et al.*, 2006; Sánchez *et al.*, 2006; Abou Khadiga, 2008; Ragab y Baselga, 2011) encontraron estimas de las heredabilidades similares a las nuestras. Sin embargo, otros autores (Baselga *et al.*, 1992; Ferraz y Eler, 1996; Gómez *et al.*, 1996; Moura *et al.*, 2001; Youssef *et al.*, 2008) tuvieron estimas menores que las nuestras. Aunque también, heredabilidades mayores podemos encontrar en García y Baselga (2002c).

Para el peso al destete, el peso al sacrificio y la ganancia media diaria, las estimas de las heredabilidades son inferiores a las estimas que recoge la literatura para diversas líneas (Baselga *et al.*, 1982; Khalil *et al.*, 1986; Ponce de León y Gusmán, 1999; Rochambeau, 1988). Con respecto a las estimas obtenidas por Estany *et al.*, (1992), para el carácter PD obtuvo una heredabilidad mayor, mientras que para PS y GMD las estimas fueron del mismo rango.

Estas diferencias en las estimas de la heredabilidades pueden atribuirse a los diferentes métodos de estimación, líneas, efectos ambientales o a errores de muestreo

debido a un número pequeño de datos. También se ha de hacer notar que este trabajo se ha realizado con 4 líneas diferentes y estas estimas de heredabilidad se podrían interpretar como un promedio de las heredabilidades de cada una de las líneas.

#### 4.2.2. Efectos maternos y ambientales permanentes.

Las estimas de los efectos ambientales permanentes para los caracteres de crecimiento se presentan en la tabla 4.3.

**Tabla 4.3.** Estadística de las distribuciones posteriores marginales de las proporciones estimadas de la varianza de los efectos permanentes ( $p^2$ ) respecto a ND y de las varianzas de los efectos maternos ( $m^2$ ) de los caracteres de crecimiento respecto a su varianza fenotípica.

Carácter	Media	Mediana	S. D.	HPD	MCE
ND $p^2$	0.09	0.09	0.00	0.07 , 0.11	0.00
PD $m^2$	0.11	0.11	0.00	0.10 , 0.12	0.00
PS $m^2$	0.04	0.04	0.00	0.03 , 0.05	0.00
GMD $m^2$	0.00	0.00	0.00	0.00 , 0.00	0.00

ND: número destetados, PD: peso al destete, PS: peso al sacrificio, GMD: ganancia media diario, HPD: intervalo más corto que contiene el 95% de la densidad, MCE: Error de Monte Carlo.

Estas estimas fueron bajas, siendo, para ND, de la misma magnitud que las obtenidas por otros autores como Ragab y Baselga (2011), García y Baselga (2002a), Sánchez *et al.* (2006), Al-Saef *et al.* (2008) y Abou Khadiga (2008).

Para los caracteres de crecimiento, las estimas también fueron bajas, y decrecientes entre el periodo de destete y sacrificio. Otros autores (García y Baselga, 2002b), han obtenido valores superiores, y al contrario que nosotros, estos valores crecieron entre el periodo de destete y el de sacrificio. Para los efectos maternos, lo esperable sería que su importancia vaya decreciendo con el tiempo, especialmente tras el destete, momento en que los gazapos se separan de la madre.

La repetibilidad estimada (suma de  $h^2$  y  $p^2$ ) fue de 0.15 para ND, que está en el rango de las obtenidas por Ragab y Baselga (2011), Al-Saef *et al.* (2008), García y Baselga (2002a) y Rochambeau *et al.* (1994).

**4.2.3. Efecto de camada común.**

Las estimas de los efectos camada común para los caracteres de crecimiento se presentan en la tabla 4.4.

**Tabla 4.4.** Estadística de las distribuciones posteriores marginales de las proporciones estimadas de los efectos de camada común ( $c^2$ ) de los caracteres de crecimiento sobre la varianza fenotípica.

Carácter	Media	Mediana	S. D.	HPD	MCE
<b>PD</b>	0.36	0.36	0.00	0.35 , 0.36	0.00
<b>PS</b>	0.26	0.26	0.00	0.25 , 0.26	0.00
<b>GMD</b>	0.28	0.28	0.00	0.28 , 0.29	0.00

PD: peso al destete, PS: peso al sacrificio, GMD: ganancia media diario, HPD: intervalo más corto que contiene el 95% de la densidad, MCE: Error de Monte Carlo.

Hay que destacar que una parte elevada de la varianza fenotípica de estos caracteres de crecimiento se debe a efectos ambientales atribuidos tanto a la madre como al efecto de la camada común. Este efecto de camada común incluye aspectos atribuibles tanto a cada gestación y parto de la hembra como al ambiente uterino, la producción de leche de la hembra o el comportamiento maternal en dicho parto, entre otros, pero no el tamaño de camada en la que ha nacido cada gazapo, pues este efecto está incluido como covariable en el modelo.

Las estimas obtenidas para  $c^2$  son inferiores a las calculadas por García y Baselga (2002b), para el peso al destete y de similar magnitud para los caracteres de peso al sacrificio y ganancia media diaria.

Estas estimas del efecto camada de origen son superiores a las estimas de la heredabilidad, resultado que corroboran diversos autores (McNitt y Lukefahr, 1996; García y Baselga, 2002b). Los anteriores valores muestran una importancia de los efectos de la camada común en el peso al destete, el peso al sacrificio y la velocidad de crecimiento. La reducción de los efectos de camada común a lo largo del crecimiento del animal coincide con los resultados de otros autores (Masoero, 1982; Camacho *et al.*, 1990; Ferraz *et al.*, 1996; McNitt y Lukefahr, 1996), lo cual es esperable, ya que ocurre lo mismo que lo comentado en el apartado anterior para los efectos maternos. Sin embargo, al contrario de lo que ocurre para los efectos maternos, que en el PS y la GMD se reducen drásticamente respecto al ND, esto no ocurre para los efectos de

camada común, ya que durante el cebo pueden operar factores importantes, como por ejemplo enfermedades que afectan por igual al crecimiento de los gazapos de toda la camada, lo que explicaría que estos efectos de camada sigan siendo importantes tanto sobre PS como sobre GMD.

#### 4.2.4. Correlaciones.

En la tabla 4.5. se muestran las correlaciones, entre ND y caracteres de crecimiento, genéticas, permanentes (entre efectos permanentes para ND y materno para caracteres de crecimiento) y residuales (entre camada de origen para caracteres de crecimiento y residual para ND)

**Tabla 4.5.** Estadística de las distribuciones posteriores marginales de las estimas de las correlaciones genéticas ( $r_g$ ), permanentes no aditivas ( $r_p$ ) y residuales ( $r_e$ ) entre los caracteres de crecimiento y ND.

Carácter	Parámetro	Media	Mediana	S. D.	HPD	MCE
PD	$r_g$	0.29	0.29	0.07	0.14 , 0.41	0.00
PD	$r_p$	-0.34	-0.34	0.03	-0.40 , -0.27	0.00
PD	$r_e$	-0.77	-0.77	0.07	-0.91 , -0.67	0.00
PS	$r_g$	0.13	0.13	0.05	0.01 , 0.23	0.00
PS	$r_p$	-0.15	-0.15	0.05	-0.25 , -0.04	0.00
PS	$r_e$	-0.69	-0.65	0.14	-0.97 , -0.52	0.01
GMD	$r_g$	0.15	0.15	0.05	0.03 , 0.25	0.00
GMD	$r_p$	0.97	0.99	0.05	0.84 , 1.00	0.00
GMD	$r_e$	0.51	0.51	0.14	0.26 , 0.76	0.02

PD: peso al destete, PS: peso al sacrificio, GMD: ganancia media diario, HPD: intervalo más corto que contiene el 95% de la densidad, MCE: Error de Monte Carlo.

La correlación genética entre el número de destetados y los caracteres de crecimiento es positiva aunque con valores bajos. Esta baja o nula correlación genética entre el tamaño de camada y los caracteres de crecimiento también ha sido indicada por Matheron y Poujardieu (1984), Camacho (1989), y García y Baselga, (2002b). Estos resultados son compatibles con los observados por García y Baselga (2002a) que vieron que la selección por tamaño de camada no modificó significativamente los valores fenotípicos de los caracteres de crecimiento analizados a tamaño de camada constante.

Las correlaciones entre efectos permanentes y residuales para PD y PS son negativas, y en valor absoluto, más importantes que las genéticas, lo cual sería de esperar si se acepta que los factores ambientales que aumentan el ND tienden a disminuir el crecimiento individual. Sin embargo, para la GMD, estas dos correlaciones son positivas y de valor absoluto importante, no encontrando explicación para este resultado.

### **4.3. Contraste entre las líneas en el momento de la fundación.**

En las tablas 4.6, 4.7 y 4.8 se muestran los contrastes entre las líneas A, V, H y LP para los caracteres de crecimiento. Estos contrastes son funciones estimables entre las parejas de líneas a través de los años estación comunes entre ellas, en los que fue también común el manejo y el equipamiento. El contraste entre las líneas H y LP no fue posible, pues únicamente durante dos años estación compartieron el mismo alojamiento. Las estimas de los efectos necesarios para los contrastes, efectos de la combinación línea-año-estación, provienen del análisis en el que se tuvieron en cuenta la totalidad de los datos, los efectos ambientales permanentes (maternos y camada en origen) y el efecto aditivo. Como el efecto aditivo de los animales se consideró en el modelo, la respuesta a la selección queda recogida por este efecto, y consecuentemente, los efectos de las líneas (incluidos en la combinación línea-año-estación) en este análisis expresan el nivel de ellas en su fundación. Para el contraste A-V, se observó una superioridad a favor de la línea A para los caracteres de crecimiento, con una probabilidad de que este contraste (A-V) fuera mayor que 0 de 0.99 para PD, 0.97 para PS y 0.75 para GMD, aunque para los caracteres PS y GMD el HPD 95 % incluyó al 0. En los contrastes entre las líneas H y LP con las líneas A y V (A-H, V-H, A-LP, V-LP), se observó, tanto para la línea H como para la línea LP, una superioridad de éstas sobre las líneas A y V para los caracteres estudiados, siendo la probabilidad de que estos contrastes fueran superiores a 0 nula o casi nula, y solo para el carácter PD en el contraste A-H el cero estaba incluido en el HPD 95 %.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Tabla 4.6.** Contrastes entre los efectos de línea en su fundación para peso al destete en gramos.

Contraste	Media	Mediana	S. D.	HPD	MCE	P>0
<b>A-V</b>	28	28	12	4 , 53	0.00	0.99
<b>A-H</b>	-24	-26	14	-47 , 7	0.00	0.07
<b>V-H</b>	-59	-59	14	-88 , -30	0.00	0.00
<b>A-LP</b>	-66	-68	16	-93 , -33	0.00	0.00
<b>V-LP</b>	-120	-117	16	-156 , -93	0.00	0.00

HPD: intervalo más corto que contiene el 95% de la densidad, MCE: Error de Monte Carlo. P>0: Probabilidad de que el contraste sea mayor que 0

**Tabla 4.7.** Contrastes entre los efectos de línea en su fundación para peso al sacrificio en gramos.

Contraste	Media	Mediana	S. D.	HPD	MCE	P>0
<b>A-V</b>	70	73	38	-1 , 143	0.00	0.97
<b>A-H</b>	-142	-140	33	-207 , -73	0.00	0.07
<b>V-H</b>	-214	-208	49	-309 , -126	0.00	0.00
<b>A-LP</b>	-217	-219	34	-283 , -139	0.00	0.00
<b>V-LP</b>	-372	-365	57	-487 , -93	0.00	0.00

HPD: intervalo más corto que contiene el 95% de la densidad, MCE: Error de Monte Carlo. P>0: Probabilidad de que el contraste sea mayor que 0

**Tabla 4.8.** Contrastes entre los efectos de línea en su fundación para ganancia media diaria en gramos/día.

Contraste	Media	Mediana	S. D.	HPD	MCE	P>0
<b>A-V</b>	0.51	0.56	0.78	-0.99 , 2.02	0.10	0.75
<b>A-H</b>	-3.99	-3.93	0.77	-5.60 , -2.56	0.09	0.00
<b>V-H</b>	-4.19	-4.02	1.12	-6.36 , -2.27	0.14	0.00
<b>A-LP</b>	-5.18	-5.18	0.80	-7.34 , -3.71	0.09	0.00
<b>V-LP</b>	-6.93	-6.70	1.33	-9.54 , -4.80	0.00	0.00

HPD intervalo más corto que contiene el 95% de la densidad, ESS: tamaño efectivo de la muestra, MCE: Error de Monte Carlo. P>0: Probabilidad de que el contraste sea mayor que 0

Feki *et al.* (1996) obtuvieron valores de peso al destete mayores para la línea A que para la línea V, pero en este caso las diferencias no eran en origen, ni tampoco se corrigió por tamaño de camada al nacimiento en el modelo estadístico. Cifre *et al.* (1998b) compararon la línea H en su fundación con la generación coetánea de la línea V y observaron que siempre la línea H era significativamente más pesada que la V al destete y tenía una mayor peso al sacrificio, aunque la ganancia media diaria de peso no fue significativamente diferente; hay que hacer notar que en este caso no se consideró la interacción línea-año-estación. Finalmente, Orengo *et al.* (2009) estimaron las diferencias entre los efectos genéticos directos y maternos entre las líneas A y V. Si a partir de ellos se calculan las diferencias entre los efectos globales de línea, sus estimas son diferentes a las que aquí se presentan. Parece ser que en su caso la línea A fue más pesada que la V, si bien sus errores típicos fueron muy grandes y la comparación se refirió a animales de las generaciones 22 y 25 de la línea A y 19 y 23 de la V.

#### **4.4. Contraste entre las líneas (diferencias observadas) y diferencias esperadas en un tiempo fijo.**

Las tablas 4.9, 4.11 y 4.13 muestran los contrastes entre las líneas A, V y H para los caracteres de crecimiento desde marzo de 1997 hasta agosto de 1998 (corte 1), y en las tablas 4.10, 4.12 y 4.14 las diferencias esperadas para este mismo corte. Las tablas 4.15, 4.17 y 4.19 muestran los contrastes desde diciembre de 2009 hasta noviembre de 2010 para las líneas A, V y LP (corte 2), y las tablas 4.16, 4.18 y 4.20 las diferencias esperadas para este mismo corte. La discusión de las diferencias entre las líneas se va a hacer en relación con las diferencias observadas que, como se indicó en el apartado *Material y Métodos*, únicamente incluye en el análisis los datos recogidos durante los periodos antes citados, y no se incluyó en el modelo los efectos aditivos. Así, los contrastes entre las líneas fueron estimas de las diferencias reales entre ellas en los periodos considerados, independientes del modelo genético. Las diferencias esperadas se comparan con las observadas a efectos de comprobar si ambas estimas se pueden considerar similares o no, obteniendo así una indicación de la adecuación del modelo genético a los datos, tal y como se indicó anteriormente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Tabla 4.9.** Contrastes entre los efectos de línea en tiempo fijo para peso al destete en gramos en el corte 1.

Contraste	Media	Mediana	S. D.	HPD	MCE	P>0
A-V	17	17	5	7 , 26	0.00	1.00
A-H	-4	-4	5	-14 , 7	0.00	0.25
V-H	-20	-20	5	-30 , -11	0.00	0.00

HPD: intervalo más corto que contiene el 95% de la densidad, MCE: Error de Monte Carlo. P>0: Probabilidad de que el contraste sea mayor que 0

**Tabla 4.10.** Diferencias esperadas para peso al destete en gramos en el corte 1.

Contraste	Media	Mediana	S. D.	HPD	MCE	P>0
A-V	22	22	5	13 , 31	0.00	1.00
A-H	2	2	5	-9 , 11	0.00	0.60
V-H	-20	-20	5	-30 , -10	0.00	0.00

HPD: intervalo más corto que contiene el 95% de la densidad, MCE: Error de Monte Carlo. P>0: Probabilidad de que el contraste sea mayor que 0

**Tabla 4.11.** Contrastes entre los efectos de línea en tiempo fijo para peso al sacrificio en gramos en el corte 1.

Contraste	Media	Mediana	S. D.	HPD	MCE	P>0
A-V	-8	-8	9	-25 , 8	0.00	0.17
A-H	-59	-59	10	-80 , -40	0.00	0.00
V-H	-51	-51	9	-69 , -34	0.00	0.00

HPD: intervalo más corto que contiene el 95% de la densidad, MCE: Error de Monte Carlo. P>0: Probabilidad de que el contraste sea mayor que 0

**Tabla 4.12.** Diferencias esperadas para peso al sacrificio en gramos en el corte 1.

Contraste	Media	Mediana	S. D.	HPD	MCE	P>0
A-V	-6	-6	8	-21 , 8	0.00	0.21
A-H	-56	-56	9	-73 , -39	0.00	0.00
V-H	-50	-50	8	-66 , -34	0.00	0.00

HPD: intervalo más corto que contiene el 95% de la densidad, MCE: Error de Monte Carlo. P>0: Probabilidad de que el contraste sea mayor que 0

**Tabla 4.13.** Contrastes entre los efectos de línea en tiempo fijo para ganancia media diaria en gramos/día en el corte 1.

Contraste	Media	Mediana	S. D.	HPD	MCE	P>0
<b>A-V</b>	-0.87	-0.87	0.18	-1.21 , 0.51	0.00	0.00
<b>A-H</b>	-1.71	-1.71	0.20	-2.09 , -1.30	0.00	0.00
<b>V-H</b>	-0.85	-0.85	0.18	-1.18 , -0.47	0.00	0.00

HPD: intervalo más corto que contiene el 95% de la densidad, MCE: Error de Monte Carlo. P>0: Probabilidad de que el contraste sea mayor que 0

**Tabla 4.14.** Diferencias esperadas para la ganancia media diaria en gramos/día en el corte 1.

Contraste	Media	Mediana	S. D.	HPD	MCE	P>0
<b>A-V</b>	-1.00	-1.00	0.15	-1.30 , -0.72	0.00	0.00
<b>A-H</b>	-1.82	-1.82	0.17	-2.15 , -1.48	0.00	0.00
<b>V-H</b>	-0.82	-0.82	0.16	-1.14 , -0.51	0.00	0.00

HPD: intervalo más corto que contiene el 95% de la densidad, MCE: Error de Monte Carlo. P>0: Probabilidad de que el contraste sea mayor que 0

En el corte 1, el resultado del contraste A-V, indica que para PD la línea A era más pesada que la V, con una probabilidad de 1.00 de que este contraste fuera mayor que 0. Sin embargo, para PS y GMD, la línea V fue superior, siendo 0.17 y 0.00 las probabilidades de que los respectivos contrastes fuesen positivos. Hay que resaltar, que para PS el 0 está incluido dentro del intervalo HPD 95 %. En los contrastes en que participó la línea H (A-H y V-H), esta línea se mostró más pesada para los caracteres estudiados, siendo 0.00 la probabilidad de que los contrastes sean mayores de 0 para todos los caracteres estudiados, menos en el caso del PD en el contraste A-H, en que dicha probabilidad fue de 0.25 (en este caso el 0 también estaba incluido en el intervalo HPD 95 %).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Tabla 4.15.** Contrastes entre los efectos de línea en tiempo fijo para peso al destete en gramos en el corte 2.

Contraste	Media	Mediana	S. D.	HPD	MCE	P>0
<b>A-V</b>	-7	-7	8	-21 , 8	0.00	0.17
<b>A-LP</b>	-53	-53	7	-68 , -39	0.00	0.00
<b>V-LP</b>	-46	-46	6	-58 , -34	0.00	0.00

HPD: intervalo más corto que contiene el 95% de la densidad, MCE: Error de Monte Carlo. P>0: Probabilidad de que el contraste sea mayor que 0

**Tabla 4.16.** Diferencias esperadas para peso al destete en gramos en el corte 2.

Contraste	Media	Mediana	S. D.	HPD	MCE	P>0
<b>A-V</b>	0	0	7	-12 , 14	0.00	0.54
<b>A-LP</b>	-44	-44	6	-56 , -31	0.00	0.00
<b>V-LP</b>	-45	-45	6	-56 , -34	0.00	0.00

HPD: intervalo más corto que contiene el 95% de la densidad, MCE: Error de Monte Carlo. P>0: Probabilidad de que el contraste sea mayor que 0

**Tabla 4.17.** Contrastes entre los efectos de línea en tiempo fijo para peso al sacrificio en gramos en el corte 2.

Contraste	Media	Mediana	S. D.	HPD	MCE	P>0
<b>A-V</b>	-17	-17	13	-43 , 8	0.00	0.09
<b>A-LP</b>	-88	-88	13	-114 , -62	0.00	0.00
<b>V-LP</b>	-71	-71	11	-92 , -50	0.00	0.00

HPD: intervalo más corto que contiene el 95% de la densidad, MCE: Error de Monte Carlo. P>0: Probabilidad de que el contraste sea mayor que 0

**Tabla 4.18.** Diferencias esperadas para peso al sacrificio en gramos en el corte 2.

Contraste	Media	Mediana	S. D.	HPD	MCE	P>0
<b>A-V</b>	-6	-6	8	-21 , 8	0.00	0.21
<b>A-H</b>	-56	-56	9	-73 , -39	0.00	0.00
<b>V-H</b>	-50	-50	8	-66 , -34	0.00	0.00

HPD: intervalo más corto que contiene el 95% de la densidad, MCE: Error de Monte Carlo. P>0: Probabilidad de que el contraste sea mayor que 0

**Tabla 4.19.** Contrastes entre los efectos de línea en tiempo fijo para ganancia media diaria en gramos/día en el corte 2.

Contraste	Media	Mediana	S. D.	HPD	MCE	P>0
<b>A-V</b>	-0.44	-0.44	0.28	-0.99 , 0.11	0.00	0.05
<b>A-LP</b>	-1.18	-1.18	0.27	-1.71 , -0.66	0.00	0.00
<b>V-LP</b>	-0.74	-0.74	0.22	-1.17 , -0.29	0.00	0.00

HPD: intervalo más corto que contiene el 95% de la densidad, MCE: Error de Monte Carlo. P>0: Probabilidad de que el contraste sea mayor que 0

**Tabla 4.20.** Diferencias esperadas para peso al sacrificio en gramos en el corte2.

Contraste	Media	Mediana	S. D.	HPD	MCE	P>0
<b>A-V</b>	-20	-20	10	-39 , 1	0.00	0.02
<b>A-LP</b>	-80	-80	10	-100 , -61	0.00	0.00
<b>V-LP</b>	-61	-61	8	-77 , -44	0.00	0.00

HPD: intervalo más corto que contiene el 95% de la densidad, MCE: Error de Monte Carlo. P>0: Probabilidad de que el contraste sea mayor que 0

En el corte 2, el resultado del contraste A-V indica que, para todos los caracteres estudiados, la línea V fue la más pesada. Las probabilidades de que estos contrastes fueran positivos fueron de 0.17 para PD, 0.09 para PS y 0.05 para la GMD. Hay que hacer notar, que para estos caracteres el 0 estaba incluido dentro de los intervalos HPD 95 %. En los contrastes en que participó la línea LP (A-LP y V-LP), esta línea se mostró superior en todos los caracteres estudiados, siendo en todos los casos 0.00 la probabilidad de que los respectivos contrastes fueran positivos.

A través de la comparación entre las tablas de contrastes y de resultados esperados se puede observar dos puntos que llaman la atención. El primero es la similitud de los contrastes obtenidos en los diferentes cortes con los resultados esperados para esos cortes, lo que indica la adecuación del modelo genético que hemos utilizado para la predicción de los valores genéticos y la estimación de las diferencias entre las líneas. Un resultado similar fue obtenido por Ragab y Baselga (2011), para los modelos de caracteres reproductivos, en su estudio de comparación de las mismas cuatro líneas contrastadas en este trabajo. El segundo punto, es la reducción con el tiempo de las diferencias en los caracteres de crecimiento, sobre todo de las líneas A y V con respecto a la H y LP, comparando el momento de la fundación con el momento de los distintos

cortes. Esta reducción podría deberse a los distintos niveles de línea-año-estación empleados para el cálculo de los contrastes en la fundación de las líneas y en los distintos cortes, aunque esto también pudiera ser debido a la mejora del nivel genético tanto de la línea A como de la V. Para estimar los contrastes en origen entre las líneas A y V con la H, se emplearon los años-estación que van desde junio de 1996 hasta agosto de 1998, y estos mismos contrastes para el corte 1 comprendieron los años-estación incluidos entre marzo de 1997 y agosto de 1998, es decir, la mayoría de los años-estación utilizados para las diferencias en origen y las diferencias en el corte 1 fueron comunes. Esto hace descartar a los distintos niveles de línea-año-estación implicados como la explicación de las diferencias de estas líneas en la fundación y el corte 1. Siendo por tanto, la mejora de los valores aditivos para crecimiento de las líneas A y V, el factor responsable de la disminución de las diferencias comentadas en los contrastes (A-H) y (V-H). La mejora aparentemente producida en las líneas A y V, en los caracteres de crecimiento, a lo largo de la selección por ND, en principio, parece contradictoria con el resultado de Garcia y Baselga (2002a), en la que, a nivel fenotípico, como ya hemos comentado en apartado de las correlaciones, no se observaron respuestas correlacionadas. Pudiera ser que las correlaciones negativas entre efectos maternos de los caracteres de crecimiento y los efectos permanentes contrarresten la respuesta genética, de tal modo que no se observan diferencias a nivel fenotípico. En nuestro caso, la respuesta correlacionada que observamos no es equivalente a la obtenida por García y Baselga (2002b) ya que por un lado ahora las diferencias en origen se obtienen a partir de un modelo genético, y por otro, en la estimación de las diferencias actuales entre las líneas se han corregido por el efecto de las correlaciones negativas para los efectos ambientales (maternales/permanentes y residuales) entre caracteres de crecimiento y prolificidad. En cualquier caso, ni nuestros resultados, ni los de Garcia y Baselga (2002b) concuerdan con los de Rochambeau (1998), quien observó para la línea INRA 1077, seleccionada por tamaño de camada, una reducción del peso al destete, con consecuencias no deseables sobre el tamaño adulto de la hembra. Por esta motivo, introdujeron el peso del gazapo a la edad de 63 días como criterio de selección para una de sus líneas maternas (Bolet, 1998).

## 5. CONCLUSIONES

## CONCLUSIONES

---

A partir de los resultados obtenidos, se puede concluir que:

- a) Se observaron importantes diferencias, para los caracteres de crecimiento, entre las diferentes líneas en el origen. Estas diferencias pueden deberse a los distintos criterios y procesos utilizados para fundar dichas líneas.
- b) Encontramos una gran similitud entre los contrastes de las líneas en tiempos fijos y las diferencias esperadas de estas líneas para estos mismos tiempos. Esta concordancia se podría considerar como un indicador de la validez de los modelos genéticos empleados.
- c) Actualmente las diferencias entre las líneas, para los caracteres estudiados, son más reducidas que en origen, probablemente debido a que en el curso de la selección por tamaño de camada al destete se han mejorado genéticamente los caracteres de crecimiento, y a través de un número diferente de generaciones de selección de las líneas.

## 6. REFERENCIAS

- Abou-Khadiga G. 2008. Genetic evaluation of litter traits of a new synthetic maternal line of rabbits under selection program in Egypt. *Ph.D. Thesis, Faculty of Agriculture, Kafr El Shiekh University, Egypt.*
- Afifi E. A., Salah E., Galal E., El-Tawil E. A., Khishin S. S. 1976. Litter size at birth and at weaning in three breeds of rabbits and their crosses. *Egyptian Journal of Animal Production 16(2):109-119.*
- 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. *Livest. Sci. 118:238-246.*
- Armero E., Baselga M., Cifre J. 1995. Selecting litter size in rabbits. Analysis of different strategies. *World Rabbit Sci. 3:179-186.*
- Armero Q., Blasco A. 1992. Economic weights for rabbit selection indices. *J. Appl. Rabbit Res. 15:637-642.*
- Arveaux , P. 1983. Rentabilité de l'élevage cunicole. *Cuniculture, 51 : 156-158.*
- Baselga M. 2004. Genetic improvement of meat rabbits. Programmes and diffusion. *In: Proc. 8<sup>th</sup> World Rabbit Congress, Puebla, Mexico. 1-13.*
- Baselga M., Blasco A., García F. 1982. Parámetros genéticos de caracteres económicos en poblaciones de conejo. *2<sup>nd</sup> World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Vol. VI: 471-480. Madrid-ESPAÑA.*
- Baselga, M., A. Blasco, and J. Estany. 1984. Índice de selección de caracteres reproductivos con información variable. *Proc. 3rd World Rabbit Congr., Rome, Italy I:62-65.*
- Baselga M., Blasco A. 1989. Mejora genética del conejo de producción de carne. *Mundi-Prensa, Madrid.*
- Baselga M., Gómez E., Cifre P., Camacho J. 1992. Genetic diversity of litter size traits between parities in rabbits. *J. Appl. Rabbit Res. 15:198-205.*
- Richard M., David P. J. 1985. Effectiveness of genetic selection for prolificacy in pigs. *J. Reprod. Fertil. Suppl. 33:127-138.*
- Blasco A. 1996. Genetics of litter size and does fertility in the rabbit. *In: Proc. 6<sup>th</sup> World Rabbit Congress, Toulouse, France. 2:219-227.*

- Blasco A. 2002. La mejora genética del conejo en España en los últimos 25 años. *XXVII Simposium de cunicultura, Reus, ESPAÑA*.
- Blasco A., Piles M., Varona L. 2003. A Bayesian analysis of the effect of selection for growth rate on growth curves in rabbits. *Genet. Sele. Evol.* 35:21-41.
- Blasco A., Ortega J. A., Climent A., Santacreu M. A. 2005. Divergent selection for uterine capacity in rabbits. I. Genetic parameters and response to selection. *J. Anim. Sci.* 83:2297-2302.
- Bolet G. 1998. Problèmes liés à l'acroissement de la productivité chez la lapine reproductrice. *INRA Prod. Anim.*, 11:235:238.
- Bondoc O. L., Penalba F. F., Arboleda C. R. 1986. Small-scale rabbit production in the Philippines. *Animal Production Technology* 2(2):23-26.
- Brun J. M., Bolet G., Baselga M., Esparbie J., Falieres J. 1998. Comparision de deux souches européennes de lapins sélectionnées sur la taille de porté: intérêt de leur croisement. In: *Proc. 7<sup>èmes</sup> Journées de la Recherche Cunicole, Lyon, France.* 1:21-23.
- Camacho J. 1989. Estimación de correlaciones genéticas entre caracteres reproductivos y de crecimiento de conejos. *Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia-ESPAÑA*.
- Camacho J., Baselga M. 1990. Genetic correlation between reproductive and growth traits in rabbits. *Proc. 4<sup>th</sup> World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Vol. 16: 366-369. Edimburgo-REINO UNIDO*.
- Campos A. P., Rochambeau H. De., Rouvier R., Poujardieu B. 1980. The Mexican program of selection in rabbits: Objectives and first results. (in Spanish). *Paper in the 2nd World Rabbit Congress, Barcelona, April 14-18, pp. 263-273 WRSA*.
- Cheeke P. R. 1983 Rabbit production in Indonesia. *Journal of Applied Rabbit Research* 6(3):80-86.
- Cheeke P. R., Patton N. M. 1987. Rabbit production and research in the Peoples' Republic of China. *Journal of Applied Rabbit Research* 10:68-75.
- Cifre J., Baselga M., García-Ximénez F., Vicente J.S. 1998a. Performance of a hyperprolific rabbit line I. Litter size traits. *J. Anim. Breed. Genet.* 115: 131-138.

- Cifre J., Baselga M., García-Ximénez F., Vicente J.S. 1998b. Performance of a hyperprolific rabbit line II. Maternal and growth performance. *J. Anim. Breed. Genet.* 115: 139-147.
- Damodar N., Jatkar V. D. 1985. Adaptability of broiler rabbits under subtropical climates. *Indian Journal of Animal Science* 55(7):610-611.
- El-Raffa A. M. 2000. Animal model evaluation of V Line Rabbits raised under Egyptian conditions. *Egypt. Poult. Sci.* 20:1003-1016.
- 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.* 21:67-76.
- 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.
- Falconer D. S., Mackay T. F. C. 1996. Introduction to Quantitative Genetics. 4th ed. *Longman Scientific & Technical, Burnt Mill, Harlow, England.*
- FAO. 1982. FAO Expert Consultation on Rural Poultry and Rabbit Production. *FAO Production Yearbook 1981, Vol. 36. Rome.*
- FAO STAT. 2009. Statistics Data: Food and Agriculture organization <http://faostat.fao.org/site/569/DesktopDefault.aspx?PageID=569#ancor>
- 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 J. B. S., Eler J. P. 1996. Comparison of animal models for estimation of covariance components and genetic parameters of reproductive, growth and slaughter traits of Californian and New Zealand rabbits raised under tropical conditions. *In: Proc. 6<sup>th</sup> World Rabbit Congress, Toulouse, France.* 2:279-284.
- García F., Baselga M., Blasco A., Deltoro J. 1982. Genetic analysis of some productive traits in meat rabbits. II. Ponderal traits. *In: Proc. 2<sup>nd</sup> World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Madrid, Spain.* 7:575-579.

- García L., Gil M., Picot A., Serra A., Sin E. 2002. Gestión cunícola 2002. Informaciones técnicas. Departamento de Agricultura de la Diputación General de Aragón, nº 118.
- García M. L., Baselga M. 2002a. Estimation of genetic response to selection in litter size of rabbits using a cryopreserved control population. *Livest. Prod. Sci.* 74:45-53.
- García M. L., Baselga M. 2002b. Estimation of correlated response on growth traits to selection in litter size of rabbits using a cryopreserved control population and genetics trends. *Livest. Prod. Sci.* 78:91-98.
- García M. L., Baselga M. 2002c. Genetic response to selection for reproductive performance in a maternal line of rabbits. *World Rabbit Sci.* 10:71-76.
- García-Ximenez F., Vicente J. S., Cifre P., Baselga M. 1996. Foundation of a maternal rabbit line using hysterectomy and embryo cryopreservation. *In: Proc. 6<sup>th</sup> World Rabbit Congress, Toulouse, France.* 2:285-288.
- Garreau H., Szendrő Z., Larzul C., Rochambeau H. de. 2000. Genetic parameters and genetic trends of growth and litter size traits in the White Pannon breed. *In: Proc. 7<sup>th</sup> World Rabbit Congress, Valencia, Spain.* A:403-408.
- Garreau H., Piles M., Larzul C., Baselga M., Rochambeau H. de. 2004. Selection of maternal lines: last results and prospects. *In: Proc. 8<sup>th</sup> World Rabbit Congress, Puebla, Mexico.* 14-25.
- Gaspari D. 1984. Economic and organization problems which limit rabbit production in Mozambique. (in Italian with English abstract). *Paper in the III World Rabbit Congress, Rome, April 4-8, pp. 220-226. WRSA.*
- Gómez, E. A.; Baselga, M.; Rafel, O; García, M. L.; Ramón, J. 1998. Selection, diffusion and performances of six spanish lines of meat rabbit. *2<sup>nd</sup> International Conference on Rabbit Production in Hot Climates. Adana-TURQUIA.*
- Gómez E. A., Rafel O., Ramón J., Baselga M. 1996. A genetic study of a line selected on litter size at weaning. *In: Proc. 6<sup>th</sup> World Rabbit Congress, Toulouse, France.* 2:289-292.

- Gómez E. A., Rafel O., Ramón J. 2000. Preliminary genetic analysis of Caldes line: a selection experiment for a global objective. *In: Proc. 7th World Rabbit Congress, Valencia, Spain. A:417-424.*
- Herment A., Runavot J. P. 1994. Une nouvelle évaluation de l'intérêt de la voie hyperprolififique chez le porc. *In: Proc. 26<sup>èmes</sup> Journées de la Recherche Porcine, France. 315-320.*
- Huss D. L. 1982. Small animals for small farms in Latin America. *World Animal Review 43:24-29.*
- Ibañez-Escriche N., Santacreu M. A., Climent A., Blasco A. 2004. Selection for ovulation rate in rabbits. Preliminary results. *In: Proc. 8<sup>th</sup> World Rabbit Congress, Puebla, Mexico. 76-81.*
- Ibañez-Escriche N., Santacreu M. A., Martínez M., Climent A., Blasco A. 2006. Selection for ovulation rate in rabbits. *Livest. Sci. 101:126-133.*
- Ibañez-Escriche N., Gonzalez-Recio O. 2011. Review. Promises, pitfalls and challenges of genomic selection in breeding programs. *Spanish Journal of Agricultural Research 9:404-413.*
- INTERCUN 2011: Análisis del impacto en la Cadena Alimentaria de la volatilidad de los precios de las materias primas.  
[http://www.marm.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion-y-distribucion-alimentaria/INTERCUN\\_PDF\\_FINAL\\_tcm7-164876.pdf](http://www.marm.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion-y-distribucion-alimentaria/INTERCUN_PDF_FINAL_tcm7-164876.pdf)
- Khalil M. H., Al-Sobayel K., Hermes I. H., Al-Homidan A. H. 2002. Crossbreeding effects for post-weaning growth, rectal and ears temperatures and respiration rates in crossing Saudi Gabali with Spanish V-Line rabbits. *In: Proc. 7<sup>th</sup> World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Montpellier, France. Communication n. 04-12.*
- Khalil M. H., Owen J. B., Afifi E. A. 1986. A review of phenotypic and genetic parameters associated with meat production traits in rabbits. *Animal Breeding Abstracts. Vol 54 n°9: 725-749.*
- Khalil M. H., Owen J. B., Afifi E. A. 1987. A genetic analysis of litter traits in Bauscat and Giza White rabbits. *Anim. Prod. 45: 123-134.*

- Kim Y. J., Lee J. M., Kim H. S., Lee K. S. 1983. Effects of breeding season and feeding system on the growth rate, dressing percentage and fur production of rabbits. (in Korean). *Research Reports of the Office of Rural Development, Suweon, Livestock and Veterinary*, 25:26-30 (ABA 1985 Vol. 52 No. 8, 4927)
- Lukefahr S. D., Cheeke P. R. 1990. Rabbit project planning strategies for developing countries. I: Practical considerations. *Livestock Research for Rural Development*, volume 2, Number 3: 20-34.
- Lukefahr S. D., Goldman M. 1985. A technical assessment of production and economic aspects of small-scale rabbit farming in Cameroon. *J. Appl. Rabbit Res.* 8:126-135.
- Mamattah N. 1978. Sociological aspects of introducing rabbits into farm practices. *Paper in the Workshop on Rabbit Husbandry in Africa, Morogoro, Tanzania, Dec. 16-21, pp. 93-98. Stockholm, IFS.*
- MARM 2011: El sector de la carne de conejo en cifras. Principales indicadores económicos en 2010.  
[http://www.marm.es/app/vocwai/documentos/Adjuntos\\_AreaPublica/INDICAD%20ORES%20ECON%20MICOS%20SECTOR%20CUN%20DCOLA%202010.pdf](http://www.marm.es/app/vocwai/documentos/Adjuntos_AreaPublica/INDICAD%20ORES%20ECON%20MICOS%20SECTOR%20CUN%20DCOLA%202010.pdf)
- Masoero G. 1982. Breeding and crossbreeding to improve growth rate, feed efficiency and carcass characters in rabbit meat production. *2<sup>nd</sup> World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. 449-512. Madrid-ESPAÑA.
- Matheron G., Poujardieu B. 1984. Expérience de sélection de la taille de portée chez la lapine. *3<sup>rd</sup> Congress of the World Rabbit Science Association*. 1: 66-78.
- McNitt J. I., Lukefahr S. D. 1996. Genetic and environmental parameters for postweaning growth traits of rabbits using an animal model. *6<sup>th</sup> World Rabbit Congress*. Vol. 2: 325-329. Toulouse-FRANCIA.
- Misztal I., Tsuruta S., Strabel T., Auvray B., Druet T., Lee D. H. 2002. BLUPF90 and related programs (BGF90). *Commun. No. 28-07 in 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Montpellier, France.*

- Mocé M. L., Santacreu M. A., Climent A., Blasco A. 2005. Divergent selection for uterine capacity in rabbits. III. Responses in uterine capacity and its components estimated with a cryopreserved control population1. *J. Anim. Sci.* 83:2308-2312.
- Mostageer A., Ghany M. A., Darwish H. I 1970. Genetic and phenotypic parameters for the improvement of body weight in Giza rabbits. *Egyptian Journal of Animal Production* 10(1):65-71.
- 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 Sci.* 9:77-86.
- Noguera J. L., Alfonso L., Babot D., Pérez-Enciso M., Estany J. 1997. Resultados de un experimento de selección del tamaño de camada mediante un esquema hiperprolífico en porcino. In: *Proc. VII Jornadas sobre Producción Animal, Zaragoza, Spain.* 18:391-393.
- Orengo J., Piles M., Rafel O., Ramón J., Gómez, E.A. 2009. Crossbreeding parameters for growth and feed consumption traits from a five diallel mating scheme in rabbits. *J. Anim. Sci.* 87: 1896-1905.
- Owen J. E. 1976. Rabbit production in tropical developing countries: A review. *Tropical Science* 18:203-210.
- Piles, M., E. A. Gomez, O. Rafel, J. Ramon, and A. Blasco. 2004. Elliptical selection experiment for the estimation of genetic parameters of the growth rate and feed conversion ratio in rabbits. *J. Anim. Sci.* 82:654–660.
- Piles M., García M. L., Rafel O., Ramón J., Baselga M. 2006. Genetics of litter size in three maternal lines of rabbits: Repeatability versus multiple-trait models. *J. Anim. Sci.* 84:2309-2315.
- Ponce de León S. R., Gusmán M. G. 1999. Heritabilities of postweaning traits of four rabbit breeds. *Abstract of the First Rabbit Conference of the Americas. World Rabbit Science. Vol. 7. Fascículo 1:* 42.
- Rafel, O. 2002. Gestión técnico-económica en granjas de conejo en España. 25 años de resultados. Pasado, presente y futuro. *XXVII Simposium de cunicultura. Reus. España.*

- 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. *Lives. Sci.* 136: 201-206.
- Ramón J., Rafel O., Gómez E. A. 1996. Gestión técnico económica. Resultados España 1995. *Boletín de Cunicultura* 8:19-23.
- Ramón J., Rafel, O. 2002. 1991-2000. Diez años de gestión global en España. In: Expoaviga 2002, X jornada cunícola, Barcelona. 113-117.
- Ramón J., Rafel O., Piles M. 2004. Resultados de gestión en España. GTE 2002. Algo falla. *Boletín de cunicultura* 133:24-28.
- Rastogi R. K. 1986. A note on feed efficiency and cost of rabbit meat production in Trinidad. *Journal of Applied Rabbit Research* 9:67-68.
- Rastogi R. K., Lukefahr S. D., Lauckner F. B. 2000. Maternal heritability and repeatability for litter traits in rabbits in a humid tropical environment. *Livest. Prod. Sci.* 67:123-128.
- Rochambeau H. de. 1988. Genetics of the rabbit for wool and meat production (1984-1987). 4<sup>th</sup> *World Rabbit Congress. Vol. 2: 1-68. Budapest-HUNGRIA.*
- Rochambeau H. de. 1998. La femelle parentale issue des souches expérimentales de l'INRA: évolutions génétiques et perspectives. *VII Journées de la Recherche Cunicole de la France, INRA-ITAVI, Paris (Francia).*
- Rochambeau H. de. 2000. Artificial insemination and genetic lag of improvement nucleus to commercial herd. 7<sup>th</sup> *World Rabbit Congress. Vol A:353-360. Valencia-ESPAÑA.*
- Rochambeau H. de., Bolet G., Tudela F. 1994. Long-term selection. Comparison of two rabbit strains. In: *Proc. 5<sup>th</sup> World Congress Genetics Applied Livestock*
- Rosell J. M. 2000. Enfermedades del conejo. *Ed. Mundi-Prensa Libros.*
- Rosell J.M., Perez M. J. 2005. Resultados de gestión técnica 2004. *Cunicultura* 177: 295-297.
- Rouvier R. 1981. Les travaux de recherche français sur la sélection du lapin au cours des 10 dernières années (1970-1980). *CR. Acad. Agri. Fr.* 61:151-159.

- Sánchez J. P. 2005. Genetic analysis of longevity in rabbit does for meat production. Constitution and evaluation of a Long-lived–Productive rabbit line. *Ph.D. Thesis, Universidad Politécnica de Valencia, Spain.*
- Sánchez J. P., Baselga M., Ducrocq V. 2004. Estimation of the correlation between longevity and litter size. *In: Proc. 8<sup>th</sup> world Rabbit Congress, Puebla, Mexico. 163-168.*
- Sánchez J. P., Baselga M., Ducrocq V. 2006. Genetic and environmental correlations between longevity and litter size in rabbits. *J. Anim. Breed. Genet. 123:180-185.*
- Sánchez J. P., Theilgaard P., Mínguez C., Baselga M. 2008. Constitution and evaluation of a long-lived productive rabbit line. *J. Anim. Sci. 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. *J. Anim. Sci. 83:2303-2307.*
- Sorensen D., Gianola D. 2002. *Likelihood, Bayesian, and MCMC Methods in Quantitative Genetics. Springer-Verlag, New York.*
- Sorensen D. A., Johansson K. 1992. Estimation of direct and correlated responses to selection using univariate animal models. *J. Anim. Sci. 70: 2038-2044.*
- Sorensen P., Kjaer J. B., Brenoe U. T., Su, G. 2001. Estimation of genetic parameters in Danish White rabbits using an animal model: II. Litter traits. *World Rabbit Sci. 91:33-38.*
- Sorensen D., Vernersen A. H. 1991. Large scale selection for number of born piglets using an animal model. *In: Proc. 42<sup>nd</sup> Annu. Mtg. Eur. Assoc. Anim. Prod., Commission on Animal Genetics, Session 3, Berlin, Germany. Ed. Eur. Assoc. Anim. Prod., Commission Anim. Genet.*
- Torres C., Cifre J., Torres R. 1997. Reposición y adquisición de reproductores. *Mundo Ganadero. 93:58-62.*
- Viana L. 1986. Rabbit raising: Alternative profitability source. (in Portuguese). *A Lavoura, (March-April) pp. 30-14*

## REFERENCIAS

---

- Wanjaiya J. K., Pope C. A. 1985. Alternative income and protein sources for rural communities: Prospects for the rabbit in East Africa. *Journal of Applied Rabbit Research* 8:19-22.
- Youssef Y. K., Iraqi M. M., El-Raffa A. M., Afifi E. A., Khalil M. H., García M. L., Baselga M. 2008. A joint project to synthesize new lines of rabbits in Egypt and Saudi Arabia: emphasis for results and prospects. *In: Proc. 9<sup>th</sup> World Rabbit Congress, Verona, Italy. 1637-1642.*