

## Contenido

|  |    |
|--|----|
| 1. Introducción .....                            | 1  |
| 1.1. Problemática.....                           | 1  |
| 1.2. Selección por velocidad de crecimiento..... | 2  |
| 1.3. Metabolismo de las proteínas .....          | 3  |
| 2. Objetivos .....                               | 5  |
| 3. Material y métodos.....                       | 6  |
| 3.1. Animales .....                              | 6  |
| 3.2. Pienso .....                                | 6  |
| 3.3. Procedimiento experimental.....             | 7  |
| 3.4. Análisis de laboratorio .....               | 9  |
| 3.5. Análisis estadístico.....                   | 10 |
| 4. Resultados y discusión .....                  | 11 |
| 5. Conclusión.....                               | 22 |

Anexo 1. Evolución del contenido en aminoácidos del cuerpo vacío a los 28 días en función del peso del cuerpo vacío.

Anexo 2. Evolución de la cantidad de aminoácidos retenidos durante el engorde en función del incremento del peso del cuerpo vacío.

## Figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Cruzamiento a tres vías. ....   | 2  |
| Figura 2. Cutter .....  | 8  |
| Figura 3. Resultado del proceso de triturado.....   | 8  |
| Figura 4. Efecto del peso vivo (PV) a 28 d de edad sobre el peso del cuerpo vacío (PCV; a) y la relación peso del cuerpo vacío / peso vivo (b). ....                        | 12 |
| Figura 5. Efecto del peso del cuerpo vacío (PCV) a los 28 d de vida sobre el contenido en proteína por kg de cuerpo vacío (a) y por animal (b). ....                        | 14 |
| Figura 6. Efecto del peso del cuerpo vacío (PCV) a los 28 d de vida sobre el contenido en lisina (a) y aminoácidos azufrados (metionina + cistina; b) en el animal.....     | 15 |
| Figura 7. Efecto del incremento del peso del cuerpo vacío (g/d) sobre la ingestión de materia seca(g MS/d) y de proteína digestible (g/d). ....                             | 17 |
| Figura 8. Proteína retenida (g/d) en función de la ganancia de cuerpo vacío (g/d). ....   | 19 |
| Figura 9. Lisina y aminoácidos azufrados (metionina + cistina) retenidos en función del incremento de peso del cuerpo vacío. ....   | 20 |
| Figura 10. Relación entre la proteína bruta retenida y la ingestión de proteína digestible estimada en función del índice de conversión (IC) y la proteína bruta (PB). .... | 21 |

## Tablas

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Ingredientes (g/kg) y composición química (g/kg MS) del pienso experimental ....   | 7  |
| Tabla 2. Composición en aminoácidos del cuerpo vacío del conejo ( $\text{mg kg}^{-1} \text{N}$ ) .....  | 11 |
| Tabla 3. Efecto del tipo genético sobre diferentes parámetros del cuerpo vacío de los gazapos a los 28 d de vida. ....                                    | 13 |
| Tabla 4. Efecto del tipo genético sobre el desarrollo durante el engorde y diferentes parámetros del cuerpo vacío de los gazapos a los 63 d de vida. .... | 16 |
| Tabla 5. Efecto del tipo genético sobre el balance proteico a los 63 d de vida. ....  | 18 |

# 1. Introducción

La producción de carne de conejo se concentra principalmente en el área del Mediterráneo y en China, siendo la producción mundial de esta carne en 2011 de 1712557 toneladas, de las cuales la UE aportó 476264 toneladas (España con una producción de 67000 toneladas) (FAOSTAT, 2011).

De acuerdo con Lebas et al. (1997) la cría de conejo puede considerarse un sistema de producción muy eficiente, ya que pueden transformar hasta un 20% de la proteína que ingieren en producción cárnica.

Debido a la gran demanda mundial de alimentos, es aún más importante una mejor utilización de los recursos, y por tanto, una alimentación más ajustada a las necesidades que tienen los animales de producción en sus distintas etapas.

## 1.1. Problemática

Uno de los objetivos de la selección genética en conejos es la selección de las líneas paternas, caracterizadas por su elevada velocidad de crecimiento y mejorado índice de conversión (Baselga, 2004). Para poder asegurar el progreso en dicha selección es necesario que los piensos aporten suficiente proteína digestible y aminoácidos. Una deficiencia a este nivel puede hacer que el crecimiento de los animales sea menor al esperado, o reducir el crecimiento magro a costa del grasa, además de dificultar la diferenciación y selección de animales excelentes (en la zona límite).

Durante las últimas décadas la nutrición proteica de los conejos ha mejorado considerablemente (Xiccato y Trocino, 2010), sin embargo la mayoría de los piensos son diseñados para cubrir las necesidades de animales cruzados que muestran un crecimiento y necesidades inferiores a los seleccionados por velocidad de crecimiento.

Por otra parte, y como consecuencia de la irrupción de la enteropatía mucoide del conejo en la última década, se ha observado una tendencia a reducir el nivel proteico de los piensos para aminorar así su incidencia, ya que, se ve favorecida por el flujo de nitrógeno a nivel ileal (Carabaño et al., 2009).

De hecho, las recomendaciones de proteína bruta para conejos de engorde han pasado de 16.3% (min-max: 16 – 16.7; González-Mateos y Piquer, 1994) a 15% (14.2 – 16; De Blas y González-Mateos, 2010) de proteína bruta en los últimos 15 años.

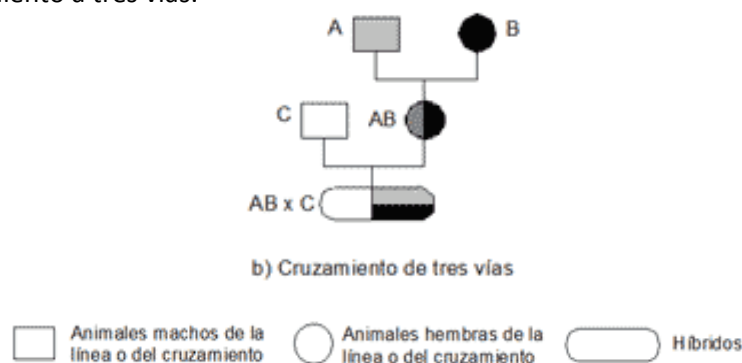
Ante estas circunstancias existe el riesgo de que los piensos actuales puedan dificultar la expresión del potencial genético de los animales con una alta velocidad de crecimiento, siendo necesario estudiar como la ganancia media diaria puede estar afectando al balance proteico de los conejos de engorde. Para ello es fundamental conocer como la selección por velocidad de crecimiento puede estar afectando a las necesidades proteicas, así como la utilización de la proteína por parte del conejo de engorde.

## 1.2. Selección por velocidad de crecimiento

La mejora genética utilizada en conejos sigue un modelo de tipo piramidal, donde las líneas maternas y paternas seleccionadas se encuentran en el pico de la misma. Las líneas maternas se seleccionan generalmente por criterios de prolificidad, como tamaño de camada al nacimiento o al destete. Mientras que las líneas paternas se seleccionan normalmente por velocidad de crecimiento.

La mejora genética llevada a cabo en los núcleos de selección sigue lo que se conoce como un *esquema de cruzamiento a tres vías* o también conocido como *cruzamiento entre tres líneas*, el cual exige la utilización de dos líneas maternas y una línea paterna (Figura 1).

Figura 1. Cruzamiento a tres vías.



Lo que fundamentalmente se busca con los cruces es, en primer lugar la complementariedad (combinar las mejores características de cada línea); y en segundo lugar, el fenómeno de la heterosis, es decir, conseguir un mejor rendimiento en el cruce que en las poblaciones parentales (Orozco F., 1995). Este cruzamiento a tres vías posibilita el total aprovechamiento de la heterosis maternal para los caracteres de la fertilidad, y el aprovechamiento de la heterosis individual para los caracteres de producción.

Existe un gran número de programas llevados a cabo para crear nuevas líneas de selección, dentro de las cuales se destacan las líneas maternas creadas por el Departamento de Ciencia Animal de la UPV. Esas líneas maternas son la línea V, H, LP y A. En el presente experimento las líneas utilizadas con características maternas han sido la línea H y LP, las cuales se describen a continuación.

La **línea H** fue fundada en 1998, buscando seleccionar el carácter de hiperprolificidad; para ello se utilizó una población comercial, la cual estaba repartida por distintas granjas españolas. Para seleccionar este carácter las hembras debían de cumplir una de las siguientes exigencias: tener 20 o más nacidos vivos en una camada, o tener un número elevado acumulado de nacidos vivos por parto igual o superior a 17 gazapos, lo cual permite que la clasificación de la hembra dentro del total de la población sea del 1%

mejor. Actualmente esta línea ha llegado a la generación 17, y el criterio final de selección de la misma ha sido el tamaño de camada al destete (Baselga et al., 1992).

La **línea LP** fue fundada en 2005 siguiendo un esquema de selección similar al de las líneas hiperprolíficas, pero en este caso el carácter de selección es la hiperlongevidad. La evaluación de esta línea se llevó a cabo comparándola con otra línea materna de buenas características reproductivas y una longevidad estándar (línea V). Finalmente se consiguió una línea mejorada caracterizada por una mejor capacidad de supervivencia y casi la misma prolificidad que la línea V (Sánchez et al., 2008).

Las características de la línea paterna (R) y su relación con la velocidad de crecimiento se describen a continuación:

La **línea R** se selecciona desde su fundación (1984) por selección individual en el criterio de la ganancia diaria entre el destete (28 días) y la fecha de sacrificio (63 días) (Estany et al., 1992). El objetivo principal de selección fue mejorar la eficiencia de la alimentación debido a la esperada correlación genética negativa entre el índice de crecimiento y el índice de conversión (Blasco, 1989).

En la última década la selección por velocidad de crecimiento ha llevado a aumentar el peso adulto de los conejos; esto origina que al llegar la edad de sacrificio los conejos seleccionados sean más inmaduros que los no seleccionados (Blasco et al., 2003).

El incrementar el peso adulto de la camada tiene efectos negativos como el aumento de los costes de mantenimiento, la dificultad en el manejo de los animales y problemas de úlceras y heridas en los “corvejones” (Pascual, 2004).

Este incremento en el crecimiento de los gazapos es debido principalmente a dos aspectos, el primero es el incremento del número de células en los tejidos (hiperplasia), y el segundo es el aumento del tamaño de las células (hipertrofia). En las primeras etapas el crecimiento se debe principalmente a la hiperplasia, mientras que en las etapas finales el crecimiento es debido a un estado de hipertrofia. En las fases de crecimiento intermedio se produce la combinación de ambos aspectos (Brody, 1945; Robinson, 1976).

Sin embargo, la fisiología de los animales cambia sus necesidades a lo largo del tiempo, lo que origina que adapten su crecimiento a las distintas necesidades según el tipo de tejido y que, como consecuencia, los tejidos crezcan de manera desigual o poco uniforme.

### 1.3. Metabolismo de las proteínas

Para el óptimo desarrollo de los gazapos es importante que estos ingieran la energía necesaria para cubrir tanto las necesidades de mantenimiento como las de crecimiento. El apetito en conejos viene regulado por un mecanismo de quimiostásis (aparece con una concentración en la dieta superior a 9 MJ/kg), por lo que la cantidad de

energía ingerida diariamente tiende a ser constante. En conejos en crecimiento la ingesta diaria varía entre 900-1000 KJ/kg (Lebas, 1989).

El máximo crecimiento diario se logra con concentraciones en la dieta de 10 a 10.5 MJ/kg de ED. Valores superiores a este hacen que varíe la composición del cuerpo y la retención de las proteínas y las grasas (Xiccato y Trocino, 2010).

Los requerimientos de los conejos varían con la edad; es por ello que puede estimarse que las necesidades de mantenimiento de los mismos se corresponden a la siguiente expresión (Partridge et al., 1989; Fernández y Fraga, 1996; Motta-Ferreira et al., 1996; Fraga, 1998):

$$2.9 \text{ g PD / día} \cdot \text{Kg} \cdot \text{LW}^{0.75}$$

Para expresar las necesidades proteicas que cubran dichos requisitos pueden utilizarse distintas unidades, aunque las más utilizadas para expresarlas son la proteína bruta (PB) y la proteína aparente (PA) (de Blas et al., 1998; Carabaño et al., 2000; Garcia et al., 2005). Sin embargo, para medir los requerimientos de nitrógeno en conejos en unidades más confiables es recomendable determinar los aminoácidos específicos, los aparentes fecales, así como los aminoácidos verdaderos ileales (Carabaño et al., 2008).

A medida que se va desarrollando el cuerpo del animal y todas sus funciones las necesidades en proteína digestible varían, por lo que, el contenido en proteína bruta de la dieta recomendados son los siguientes: 120 g/kg al nacimiento, 170 g/kg al destete (35 días) y 200 g/kg entre 10-12 semanas; posteriormente la concentración de proteína se estabiliza (200 g/kg) (Xiccato y Trocino, 2010).

Como resumen, los niveles de proteína recomendados para conejos en crecimiento están en un intervalo de 150-160 g PB/Kg (Lebas, 1989; Maertens, 1992; Xiccato, 1996; de Blas y Mateos, 1998); aunque actualmente los valores de proteína bruta comerciales estándar suelen superar los requisitos alrededor del destete y durante el crecimiento en animales cruzados a tres vías (Maertens et al., 1997; Trocino et al., 2000, 2001; García-Palomares et al., 2006; Eiben et al., 2008).

Conocidos los valores óptimos de proteína necesarios para el correcto crecimiento y desarrollo de los gazapos, deben establecerse las necesidades en aminoácidos totales y azufrados.

Durante mucho tiempo se creyeron suficientes el suministro de aminoácidos a través de la cecotrofia como fuente de aminoácidos esenciales (de Blas y Mateos, 1998). Actualmente ha podido conocerse el verdadero valor que aporta la cecotrofia a la nutrición de los conejos, cuyo valor en animales en crecimiento está en torno a 0.23 (Belenguer et al., 2002).

La literatura desarrollada sobre los requerimientos en aminoácidos en conejos es bastante antigua, por lo que aún se siguen utilizando estudios de Taboada et al. (1994, 1996) y los niveles recomendados por Lebas (1989).

Los aminoácidos esenciales más limitantes en la dieta de los conejos son la metionina (y/o cistina) y la lisina, seguido inmediatamente por la treonina. Para conejos que están en crecimiento y en una etapa no reproductiva, se requieren como mínimo un nivel de aminoácidos azufrados de 5.4 g/kg (4.0 g/kg de aminoácidos digestibles). Un mayor nivel (6.3 g/kg de aminoácidos totales y 4.9 g/kg de aminoácidos azufrados digestibles) se recomienda para hembras reproductoras con la finalidad de aumentar la producción de leche, reducir el intervalo entre partos y mejorar la eficiencia de utilización del alimento (Taboada et al., 1996). Los niveles recomendados de lisina para un máximo rendimiento reproductivo (para dietas de lactancia 10.5-11 MJ/kg ED) son 6.8 g/kg de lisina total (5.2 g/kg de lisina digestible) y 7.6-8.0 g/kg de lisina total para la máxima producción lechera y mayor crecimiento de la camada (6-6.4 g/kg de lisina digestible) (Taboada et al., 1994).

## 2. Objetivos

A lo largo de la introducción hemos podido observar como se ha producido un avance importante en la velocidad de crecimiento en las líneas paternas de conejos, y como las necesidades en proteína y de los principales aminoácidos limitantes en conejos de engorde obtenidos por cruce a tres vías (caracterizados por velocidades de crecimiento medio) están más o menos establecidas.

Sin embargo, no tenemos conocimiento de cómo ha podido afectar dicho criterio de selección a dichas necesidades proteicas y de aminoácidos, especialmente en los animales pertenecientes a las líneas de selección caracterizados por altas velocidades de crecimiento.

El objetivo del presente trabajo fue así evaluar como el tipo genético y la velocidad de crecimiento individual puede haber afectado a la ingestión y la retención de proteína y aminoácidos durante el periodo de engorde.



## 3. Material y métodos

### 3.1. Animales

Todos los procedimientos de experimentación fueron aprobados por el Comité de Ética e Investigación de la Universidad Politécnica de Valencia.

Los animales destinados a la realización del presente experimento proceden de las madres alojadas en la Granja de Alimentación de la UPV.

Se utilizaron 58 gazapos recién destetados (28 días) de tres tipos genéticos del Grupo de Mejora Genética del Instituto de Ciencia y Tecnología Animal de la Universidad Politécnica de Valencia. Las líneas genéticas utilizadas para este experimento fueron:

- ✓ Línea H: línea materna cuyo origen es una población heterogénea (1996). Son animales de la generación 17 fundada por tamaño de camada al parto, seleccionada por tamaño de camada al destete y caracterizada por ser hembras hiperprolíficas.
- ✓ Línea R: línea paterna cuyo origen es una población de raza californiana y otros (1976-1981). Son animales de la generación 25, seleccionados por velocidad de crecimiento entre las semanas 4 y 9 de vida.
- ✓ Línea LP: animales de la generación 7, fundada por criterios de longevidad productiva (más de 25 partos con al menos 7.5 nacidos vivos de media), seleccionada por tamaño de camada al destete y caracterizada por su robustez.

El número de gazapos seleccionados de cada línea fue de 17, 18 y 23 respectivamente. Estos animales fueron seleccionados de una población mayor (175 animales), siendo el criterio de selección aquellos animales de cada tipo genético que nos pudieran administrar la mayor variabilidad intra-tipo genético y total para la velocidad de crecimiento, a partir de la ganancia media diaria que mostraron durante las dos primeras semanas de engorde (28-42 días de vida). La presión de selección fue de 1-3, 1-4 y 1-2 para las líneas H, LP y R respectivamente.

### 3.2. Pienso

Teniendo en cuenta la tendencia actual a reducir el nivel de proteína bruta de los piensos para evitar problemas entéricos, se formuló un pienso que cumplía con las recomendaciones para conejos de engorde (de Blas y Mateos, 2010), pero utilizando los niveles de recomendación mínimos, tal y como puede observarse en la Tabla 1.

Tabla 1. Ingredientes (g/kg) y composición química (g/kg MS) del pienso experimental

| Ingredientes   |     |
|--|-----|
| Cebada grano   | 155 |
| Trigo grano  | 50  |
| Torta de girasol 30%PB                               | 170 |
| Melaza   | 10  |
| Manteca de cerdo                                     | 30  |
| Cascarilla de soja                                   | 30  |
| Salvado de trigo                                     | 170 |
| Heno de alfalfa                                      | 160 |
| Pulpa de remolacha                                   | 190 |
| Granilla de uva                                      | 20  |
| L-lisina   | 1.7 |
| DL-metionina   | 0.3 |
| L-treonina   | 1   |
| Carbonato cálcico                                    | 1   |
| Cloruro sódico                                       | 2   |
| Antimicrobianos <sup>1</sup>                         | 4   |
| Corrector de oligoelementos y vitaminas <sup>2</sup> | 5   |
| Composición química                                  |     |
| Materia seca (MS; g/kg)                              | 921 |
| Cenizas  | 67  |
| Fibra neutro detergente                              | 304 |
| Fibra ácido detergente                               | 159 |
| Lignina ácido detergente                             | 23  |
| Almidón  | 157 |
| Proteína Bruta (PB)                                  | 158 |
| Proteína Bruta (PD) <sup>3</sup>                     | 111 |
| Lisina <sup>3</sup>                                  | 8.1 |
| Metionina+Cistina <sup>3</sup>                       | 5.8 |
| Treonina <sup>3</sup>                                | 6.9 |

<sup>1</sup>40 ppm fumarato de tiamulina A, 120 ppm sulfato de neomicina, 29 ppm clorhidrato de lincomicina y 29 ppm sulfato de spectinomicina.

<sup>2</sup>Por kg de pienso: Vitamina A: 8.375 UI; Vitamina D3: 750 UI; Vitamina E: 20 mg; vitamina K3: 1 mg; Vitamina B1: 1 mg; Vitamina B2: 2 mg; Vitamina B6: 1 mg; Ácido nicotínico: 20 mg; Cloruro de colina: 250 mg; Magnesio: 290 mg; Manganeso: 20 mg; Zinc: 60 mg; Iodo: 1.25 mg; Hierro: 26 mg; Cobre: 10 mg; Cobalto: 0.7 mg; Butilo hidroxianisol y mezcla de etoquinina: 4 mg.

<sup>3</sup> Estimado a partir de FEDNA (2010).

### 3.3. Procedimiento experimental

A los 28 días se realizó el destete de los gazapos los cuales fueron alojados en jaulas individuales; el mismo día del destete se realizó el primer control de peso de los animales y se sacrificaron un total de 15 animales, 5 de cada una de las tres líneas a estudiar (H, LP y R).

El resto de animales fueron alimentados con el pienso experimental hasta la fecha de sacrificio (63 días de edad). Diariamente se revisaban los comederos y bebederos, se

anotaban los animales mórvidos y/o con presencia de diarreas, y una vez a la semana se llevaba el control del peso y la ingestión de pienso de los mismos. Los animales que durante el proceso de engorde sufriesen cualquier anomalía digestiva como pérdida de peso o diarreas, quedaban automáticamente fuera del experimento.

Con 63 días de vida se procedió al sacrificio del resto de los animales (43 conejos).

Los sacrificios se realizaron mediante una inyección de *Tiopental sódico* (tiobarbitúico) a una dosis de 75 mg/kg de peso vivo (sobredosis), lo que causa la muerte instantánea del animal.

Una vez sacrificado se realizó un corte longitudinal en el abdomen y se extrajo el aparato digestivo, el cual fue pesado con todo el contenido digestivo y posteriormente sin contenido digestivo. Una vez vaciado el tracto, se reintrodujo en el animal, los cuales se colocaron en sus respectivas bolsas con la correspondiente identificación y congelaron a -40°C hasta su procesado.

Para realizar los correspondientes análisis que nos permitiesen conocer el balance proteico de los conejos, fue necesaria la preparación de las muestras; para ello se procedió al corte de los animales enteros en varias secciones, las cuales fueron posteriormente trituradas mediante la ayuda de un “cutter” (Figura 2).

**Figura 2. Cutter**



**Figura 3. Resultado del proceso de triturado**



De ese proceso se obtuvo una pasta de triturado (Figura 3) de la cual se tomaron cuatro muestras por cada animal y se colocaron en placas petri; éstas fueron liofilizadas para obtener muestras prácticamente secas (contienen una humedad residual entorno al 5%).

Las muestras liofilizadas y ya pesadas se trituraron en un molino obteniéndose una muestra homogénea con aspecto algodonoso. En ese estado las muestras estaban ya preparadas para realizar los análisis que se describen a continuación.

### 3.4. Análisis de laboratorio

#### Análisis de las muestras de carne

Los análisis necesarios para obtener el balance proteico fueron:

1. Análisis de proteína bruta: se utilizó el método 976.05 de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000). La cantidad de muestra utilizada para la resolución de los análisis fue de 0,5 g de muestra por animal.

2. Análisis de aminoácidos totales y azufrados: se utilizó el método de Aminoacids of Food analysis by HPLC definido por Kivi (2000). Para determinar el contenido de aminoácidos totales que contenían las muestras de carne fue necesario someter a las mismas a una hidrólisis ácida con HCL 6N a 110°C durante 23 horas tal y como describe Bosch et al. (2006). Para la separación de los aminoácidos se empleó un cromatógrafo líquido de alta resolución (Waters, USA). Los aminoácidos fueron derivatizados con AQC (6-aminoquinolil-N-hidroxisuccinimidil carbamato) y separados con una columna C-18 de fase inversa (modelo AcQ Tag de Waters, 150 mm x 3.9 mm). Para la cuantificación de los aminoácidos se utilizó como patrón interno tras la hidrólisis el ácido alfa-amino-butírico. La identificación se realizó por comparación de los tiempos de retención con los de un patrón H de aminoácidos de Pierce (Thermo Fisher Scientific Inc. IL, USA). La metionina y la cistina fueron determinados por separado del resto de aminoácidos como metionina sulfona y ácido cistéico respectivamente, previa oxidación con ácido per fórmico y posterior hidrólisis con HCl 6N. Para ambos análisis de aminoácidos se pesó la cantidad de muestra correspondiente a 25 mg de PB, lo que supone un total de 45 mg por muestra.

Además, fue necesario obtener los valores de materia seca para corregir los valores de los análisis que se describen anteriormente.

3. Análisis de materia seca (MS): se utilizó el método 934.01 de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC. 2000). La cantidad utilizada para dicha medición fue de 2 g por muestra.

#### Análisis del pienso

El pienso se analizó de acuerdo con los métodos de la Association of Official Analytical Chemist (2000): 934.01 para MS, 942.05 para cenizas, y 976.06 para la PB. El contenido en almidón se determinó según Batey (1982), con un procedimiento encimático de dos pasos en el que se produce una solubilización e hidrólisis a maltodextrinas con  $\alpha$ -amilasa termoestable seguida de una hidrólisis completa con amiloglucosidasa (ambas enzimas de Sigma-Aldrich, Steinheim, Alemania). La glucosa resultante se determinó mediante el sistema de la hexoquinas/glucosa-6 fosfato deshidrogenasa/ NADP (R-Biopharm, Darmstadt, Alemania). La fibra neutrodetergente (FND), la fibra ácido detergente (FAD) y la lignina ácido detergente (LAD) se determinaron secuencialmente (Van Soest et al., 1991) con un pretratamiento con  $\alpha$ -amilasa termostable utilizando un sistema de bolsitas de nylon (Ankom, Macedon, NY, USA).

### 3.5. Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante el paquete estadístico SAS (SAS, 2009).

Para el análisis correspondiente a los parámetros del cuerpo vacío de los gazapos a los 28 días de vida, se utilizó un procedimiento GLM, donde el modelo incluyó inicialmente como factor fijo la línea genética (H, LP y R). En un segundo análisis se incluyó también el peso a los 28 días como covariable (tanto lineal como cuadrático) para separar el efecto de la línea genética del peso inicial.

Para el análisis de los datos correspondientes a los parámetros de desarrollo durante el engorde, del cuerpo vacío de los gazapos a los 63 días y del balance proteico entre 28 y 63 días de vida, se utilizó de nuevo un procedimiento GLM, donde el modelo incluyó inicialmente como factor fijo la línea genética (H, LP y R). En un segundo análisis se incluyó también el peso a los 28 días y la ganancia media diaria (GMD) para separar el efecto de la línea del diferente peso inicial y velocidad de crecimiento mostrada por cada individuo.

Por otra parte, para evaluar el efecto de peso del cuerpo vacío inicial y de la ganancia de peso del cuerpo vacío a lo largo del engorde, sobre los diferentes parámetros de crecimiento y de balance estudiados, se realizaron diversos análisis de regresión lineal mediante el procedimiento proc REG de SAS (2009).

## 4. Resultados y discusión

En la Tabla 2 se muestra la composición en aminoácidos media del cuerpo vacío de los conejos sacrificados tanto a los 28 como a los 63 días de las distintas líneas genéticas evaluadas.

Tabla 2. Composición en aminoácidos del cuerpo vacío del conejo ( $\text{mg kg}^{-1} \text{N}$ )

| Aminoácido      | Valor absoluto | Relativo a lisina |
|-----------------|----------------|-------------------|
|                 | media $\pm$ DS | media $\pm$ DS    |
| Lisina          | 368 $\pm$ 36   | 100 $\pm$ 0       |
| Alanina         | 331 $\pm$ 30   | 90 $\pm$ 5        |
| Arginina        | 397 $\pm$ 31   | 109 $\pm$ 11      |
| Ácido Aspártico | 436 $\pm$ 44   | 119 $\pm$ 8       |
| Cistina         | 150 $\pm$ 46   | 41 $\pm$ 13       |
| Fenilalanina    | 194 $\pm$ 23   | 53 $\pm$ 8        |
| Glicina         | 459 $\pm$ 57   | 126 $\pm$ 17      |
| Ácido           |                |                   |
| Glutámico       | 800 $\pm$ 76   | 218 $\pm$ 14      |
| Histidina       | 130 $\pm$ 12   | 36 $\pm$ 4        |
| Isoleucina      | 181 $\pm$ 19   | 49 $\pm$ 5        |
| Leucina         | 417 $\pm$ 38   | 114 $\pm$ 11      |
| Metionina       | 116 $\pm$ 31   | 32 $\pm$ 8        |
| Prolina         | 308 $\pm$ 32   | 84 $\pm$ 9        |
| Serina          | 239 $\pm$ 35   | 65 $\pm$ 10       |
| Tirosina        | 147 $\pm$ 27   | 40 $\pm$ 8        |
| Treonina        | 225 $\pm$ 20   | 61 $\pm$ 7        |
| Valina          | 264 $\pm$ 23   | 72 $\pm$ 6        |

DS: desviación estándar.

El análisis estadístico realizado no mostró diferencias significativas ni en función de la edad, ni de la línea genética. Ya Fraga (1998) describe como la composición proteica del cuerpo muestra muy pocas diferencias en la composición de aminoácidos en función de la raza o línea estudiada a un mismo peso vivo, ni en función del sexo (Moughan et al., 1988).

En general los valores obtenidos en el presente trabajo fueron muy similares tanto en valor absoluto como en el relativo al contenido en lisina a los obtenidos por Moughan et al. (1988), con la excepción de la metionina que obtuvimos valores más elevados (32 vs. 20% del contenido en lisina). Debe tenerse en cuenta que el aminoácido más limitante en la dieta de conejos es la metionina (y/o cistina) seguido por la lisina y la treonina (Xiccato y Trocino, 2010). Estos resultados podrían estar relacionados con una posible mayor proporción de pelo (rico en azufrados) en los animales de menor peso, aunque

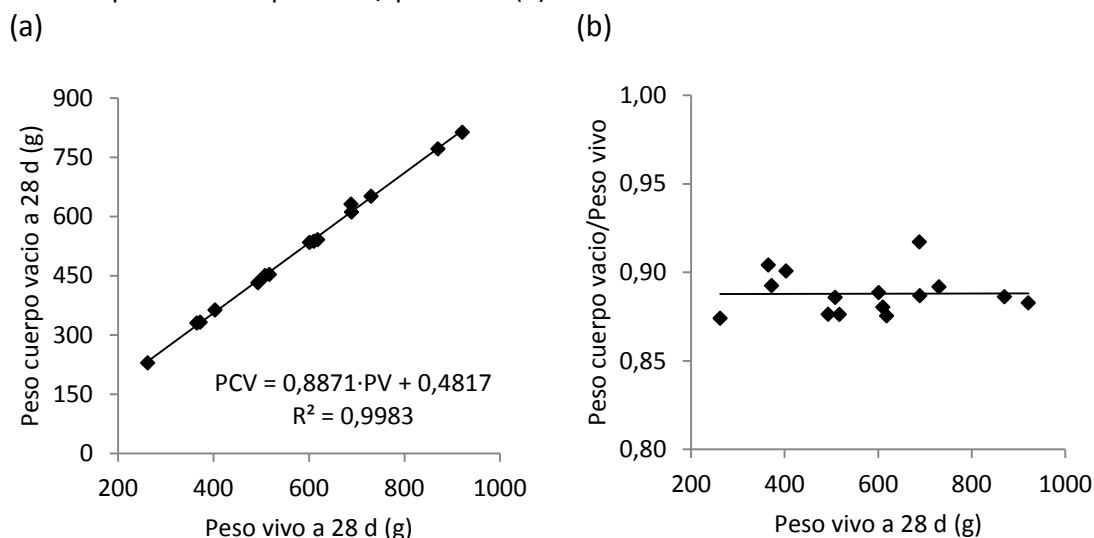
habría que confirmarlos en un futuro, y también pueden estar relacionados con las dificultades en la determinación de los aminoácidos azufrados por HPLC.

No existen muchos trabajos sobre el desarrollo alométrico del pelo en conejos, aunque la prioridad en su desarrollo temprano por motivos de termorregulación en gazapos que nacen desnudos es evidente. A este respecto Pascual et al. (2004) muestra como el coeficiente alométrico de la piel sería más temprano al mostrado por la carne y la grasa del conejo (1.03; 1.20; y 1.67, respectivamente).

Como hemos indicado en el apartado de material y métodos del presente documento, se ha escogido un grupo inicial de 15 gazapos de tres líneas genéticas (H, LP y R), tratando de incluir la mayor variabilidad de pesos intralínea; dichos gazapos fueron sacrificados a los 28 días de vida para poder estimar el estado inicial de los gazapos que posteriormente serían sacrificados al final del cebo (63 días).

En la Tabla 3 podemos observar como, independientemente de la línea genética, el contenido digestivo a los 28 días supuso un 11% del peso vivo (Figura 4.b). Este resultado es cercano al valor asumido por Xiccato y Trocino (2010) que estiman como un 13%.

Figura 4. Efecto del peso vivo (PV) a 28 d de edad sobre el peso del cuerpo vacío (PCV; a) y la relación peso del cuerpo vacío / peso vivo (b).



Aunque el peso del cuerpo vacío a los 28 días fue mayor para los animales de la línea R y LP (aproximadamente 550 g) que para la línea H, el amplio rango seleccionado llevó a un error estándar que no permitió obtener diferencias significativas. García-Quirós et al. (2013), ya observa dichas diferencias entre las líneas H, LP y R para el peso vivo a los 28 días (554, 634 y 629 respectivamente;  $P < 0,001$ ). Como era de esperar el único responsable de las variaciones del peso de cuerpo vacío fue el peso vivo (+ 0.89 g/g) tal y como se puede observar en la Figura 4.a. Lo que nos permitirá estimar el peso de cuerpo vacío a los 63 días de forma precisa independientemente de la línea genética.

Tabla 3. Efecto del tipo genético sobre diferentes parámetros del cuerpo vacío de los gazapos a los 28 d de vida.

|                       | Tipo genético   |             |             |                 |             |             | Covariable (Peso a los 28 d, g) |  |
|-----------------------|-----------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|---------------------------------|--|
|                       | Sin covariables |             |             | Con covariables |             |             | Efecto lineal                   | Efecto cuadrático                            |
|                       | H               | LP          | R           | H               | LP          | R           |                                 |  |
| PCV (g)               | 438±76          | 550±76      | 548±76      | 515±3           | 510±3       | 511±3       | +0.892±0.011***                 |  |
| PCV/PV                | 0.891±0.006     | 0.884±0.006 | 0.888±0.006 | 0.892±0.006     | 0.884±0.006 | 0.888±0.006 |                                 |  |
| Composición corporal: |                 |             |             |                 |             |             |                                 |  |
| Proteína (g/kg PCV)   | 658±18          | 637±18      | 628±18      | 645±14          | 644±14      | 635±13      | -0.155±0.045**                  |  |
| (g/animal)            | 75±13           | 89±13       | 89±13       | 88.1±2.4        | 82.0±2.3    | 82.9±2.3    | +0.153±0.008***                 |  |
| Lisina (g/animal)     | 4.40±0.83       | 5.05±0.83   | 5.25±0.83   | 5.22±0.23       | 4.63±0.22   | 4.85±0.22   | +0.009±0.001***                 |  |
| Azufrados (g/animal)  | 2.90±0.73       | 3.98±0.73   | 3.68±0.73   | 3.59±0.23       | 3.65±0.22   | 3.34±0.22   | -0.004±0.004                    | 9.8·10 <sup>-6</sup> ±3.4·10 <sup>-6</sup> * |

Tipo genético: H, línea genética fundada y seleccionada por tamaño de camada al destete; LP, línea genética fundada por longevidad reproductiva y seleccionada por tamaño de camada al destete; R, línea genética seleccionada por velocidad de crecimiento. No existieron diferencias en los parámetros analizados a los 28 d en función del tipo genético.

PCV: Peso del cuerpo vacío (sin contenido digestivo ni urinario) a los 28 d.

PV: Peso vivo a los 28 d.

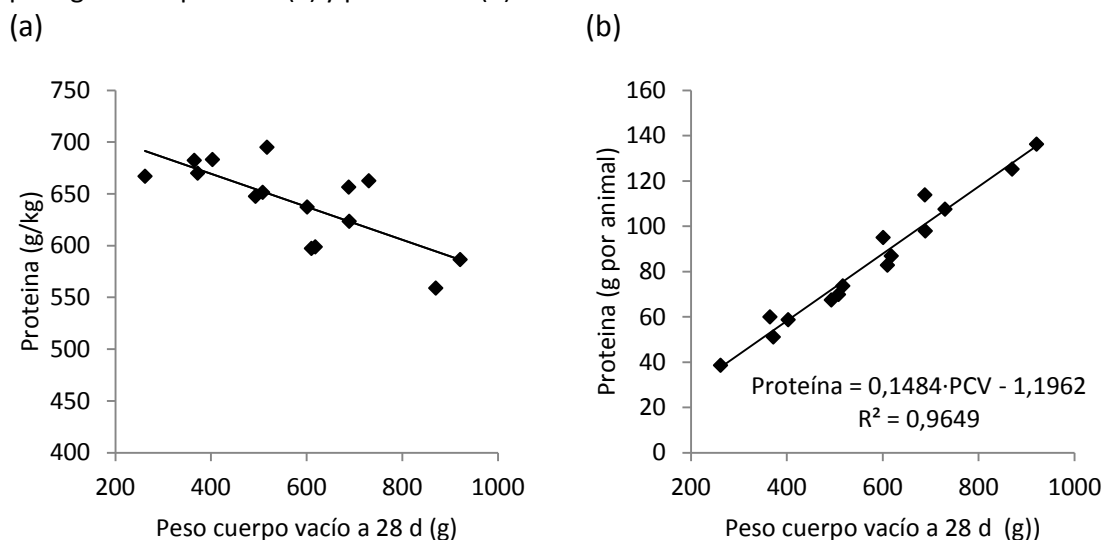
Azufrados: Metionina + Cistina.

Covariables: \*P<0.05; \*\* P<0.01; \*\*\* P<0.001.



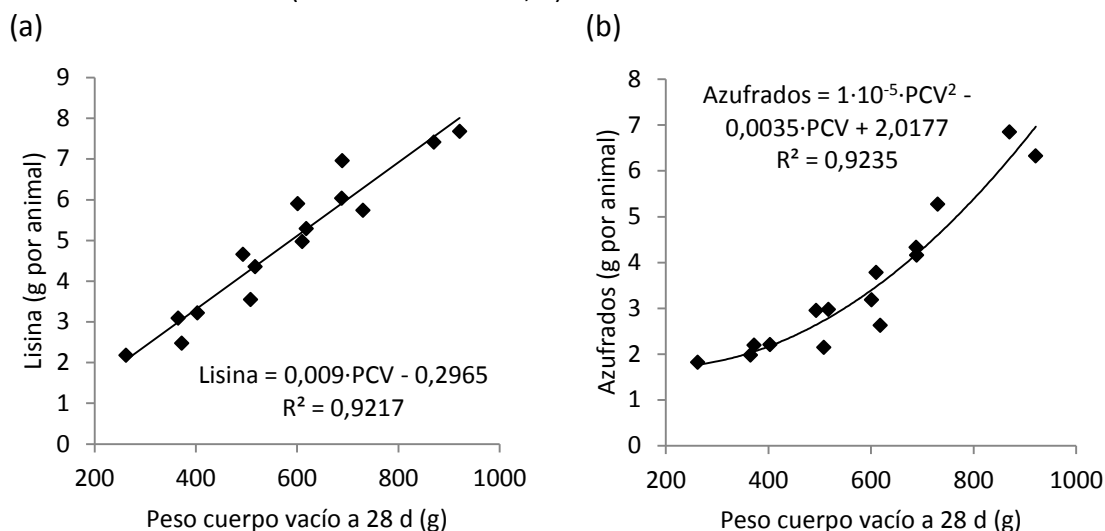
En lo que se refiere a la composición corporal de los gazapos a los 28 días de vida, el tipo genético no tuvo ningún efecto (tanto cuando se introdujo, como cuando no el peso vivo como covariable) sobre el contenido en proteína, lisina y aminoácidos azufrados (Tabla 3). Sin embargo, a medida que aumentaba el peso a los 28 días se observó una reducción (-0.16 g/g;  $P < 0.01$ ) en el contenido en proteína del cuerpo vacío (Figura 5.a). Aún así el contenido en proteína del animal aumenta de forma lineal con el peso de éste (+0.15 g/g;  $P < 0.001$ ; Figura 5.b).

Figura 5. Efecto del peso del cuerpo vacío (PCV) a los 28 d de vida sobre el contenido en proteína por kg de cuerpo vacío (a) y por animal (b).



Una tendencia similar lineal pudo observarse para la mayoría de los aminoácidos tal y como puede observarse en la Figura 6.a para la lisina, y en el Anexo 1 para el resto de aminoácidos analizados. Sin embargo, los aminoácidos azufrados mostraron un comportamiento cuadrático (Figura 6.b y Anexo 1), donde los animales con un peso menor a 28 días tuvieron un mayor contenido al esperado por la tendencia lineal tanto en metionina como en cistina. Este resultado podría estar relacionado con una mayor proporción de piel y pelo en los animales más pequeños (Deltoro y López, 1985), ya que el pelo es especialmente rico en aminoácidos azufrados, especialmente en cistina.

Figura 6. Efecto del peso del cuerpo vacío (PCV) a los 28 d de vida sobre el contenido en lisina (a) y aminoácidos azufrados (metionina + cistina; b) en el animal.



Durante el periodo de engorde, y tal y como era de esperar, los animales de la línea R mostraron una mayor ingestión tanto en materia seca como de proteína en comparación con las otras dos líneas maternas (+35%;  $P < 0.05$ ; análisis sin covariable; Tabla 4). De hecho, los animales de la línea R mostraron un mayor crecimiento que los animales de la línea LP (+19 g/d;  $P < 0.05$ ) y los LP ligeramente a la línea H (+4 g/d;  $P < 0.05$ ). Esto llevó a que los animales de la línea R tuvieran un peso de cuerpo vacío superior a los 63 días de vida, los LP valores intermedios y siendo los más bajos para la línea H. Estos resultados concuerdan con los obtenidos previamente para líneas maternas y paternas en conejos (Gómez et al., 1996; Minguez et al., 2011).

Sin embargo, cuando introducimos como covariable la GMD observamos como estas diferencias desaparecen, e incluso como los gazapos de la línea con mayor velocidad de crecimiento (línea R) mostrarían una ingestión menor a la esperada por su velocidad de crecimiento (Figura 7).

Tabla 4. Efecto del tipo genético sobre el desarrollo durante el engorde y diferentes parámetros del cuerpo vacío de los gazapos a los 63 d de vida.

|                        | Tipo genético           |                          |                          |                        |                        |                        |                 |                |  |
|------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------|----------------|--|
|                        | Sin covariables         |                          |                          | Con covariables        |                        |                        | Covariables     |                |  |
|                        | H                       | LP                       | R                        | H                      | LP                     | R                      | Peso a 28 d (g) | GMD (g/d)      |  |
| Engorde (28-63 d):     |                         |                          |                          |                        |                        |                        |                 |                |  |
| Ingestión (g MS/d)     | 97.25±3.85 <sup>A</sup> | 103.91±3.10 <sup>A</sup> | 135.04±3.54 <sup>B</sup> | 116.24±2.36            | 114.10±1.91            | 105.65±3.53            |                 | 1.260±0.320*** |  |
| Ingestión PD (g/d)     | 10.60±0.37 <sup>A</sup> | 11.58±0.30 <sup>B</sup>  | 14.83±0.36 <sup>C</sup>  | 12.37±0.22             | 12.36±0.18             | 12.11±0.35             |                 | 0.157±0.033*** |  |
| Ingestión PDcrec (g/d) | 7.35±0.27 <sup>A</sup>  | 7.95±0.22 <sup>A</sup>   | 10.62±0.26 <sup>B</sup>  | 8.65±0.22              | 8.63±0.18              | 8.46±0.34              |                 | 0.119±0.033*** |  |
| GMD (g/d)              | 39.79±1.37 <sup>A</sup> | 43.52±1.10 <sup>B</sup>  | 62.82±1.26 <sup>C</sup>  |                        |                        |                        |                 |                |  |
| ΔPCV (g/d)             | 33.02±1.37 <sup>A</sup> | 36.77±1.10 <sup>B</sup>  | 52.25±1.31 <sup>C</sup>  |                        |                        |                        |                 |                |  |
| IC (g MS/g)            | 2.70±0.05 <sup>B</sup>  | 2.65±0.04 <sup>B</sup>   | 2.36±0.04 <sup>A</sup>   |                        |                        |                        |                 |                |  |
| PCV                    | 1606±76 <sup>A</sup>    | 1826±61 <sup>B</sup>     | 2406±70 <sup>C</sup>     | 1989±23 <sup>b</sup>   | 1994±18 <sup>b</sup>   | 1863±35 <sup>a</sup>   | +0.740±0.275*   | +35.4±3.201*** |  |
| PCV/PV                 | 0.84±0.01 <sup>A</sup>  | 0.86±0.01 <sup>A</sup>   | 0.85±0.01 <sup>A</sup>   | 0.86±0.01 <sup>b</sup> | 0.87±0.01 <sup>b</sup> | 0.82±0.01 <sup>a</sup> |                 |                |  |

Tipo genético: H, línea genética fundada y seleccionada por tamaño de camada al destete; LP, línea genética fundada por longevidad reproductiva y seleccionada por tamaño de camada al destete; R, línea genética seleccionada por velocidad de crecimiento.

PD: Proteína digestible

PDcrec: Proteína digestible destinada al crecimiento.

PCV: Peso del cuerpo vacío (sin contenido digestivo ni urinario) a los 28 d.

PV: Peso vivo a los 28 d.

GMD: Ganancia media diaria.

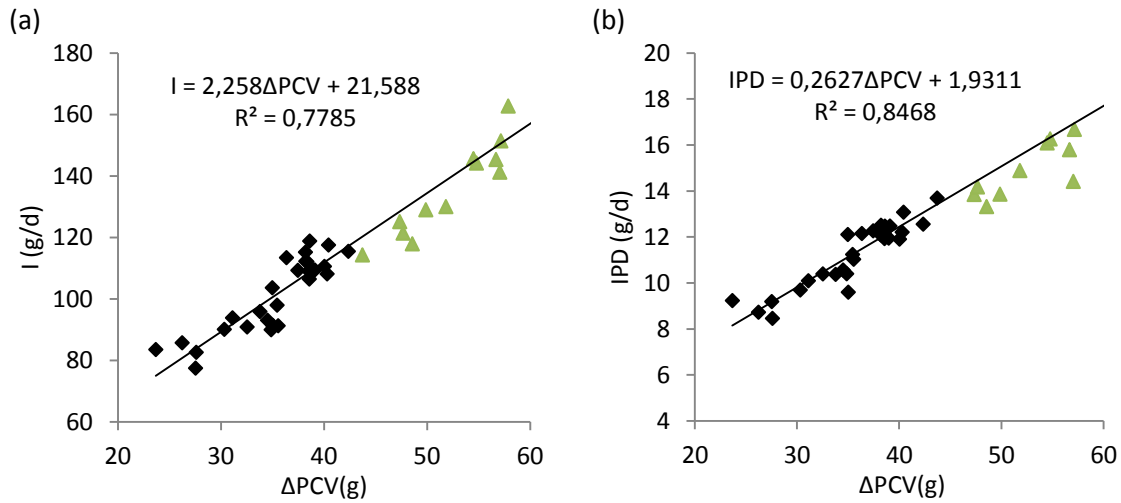
IC: Índice de conversión.

<sup>A,B,C</sup> Medias de los tipos genéticos (sin covariables) que no comparten letra en una misma fila son distintos significativamente a P<0.05.

<sup>a,b,c</sup> Medias de los tipos genéticos (con covariables) que no comparten letra en una misma fila son distintos significativamente a P<0.05.

Covariables: \*P<0.05; \*\* P<0.01; \*\*\* P<0.001.

Figura 7. Efecto del incremento del peso del cuerpo vacío (g/d) sobre la ingestión de materia seca (g MS/d) y de proteína digestible (g/d).



Esta menor ingestión para los animales con mayor velocidad de crecimiento podría estar relacionada con dos fenómenos: el primero estaría relacionado con el hecho de que la selección por velocidad de crecimiento es una forma indirecta de seleccionar por índice de conversión (Baselga y Blasco, 1989), de forma que los animales mostrarían un mayor crecimiento por gramo de pienso consumido como consecuencia de la selección. De hecho, los gazapos de la línea R necesitan 300 g de materia seca menos por kg de crecimiento respecto a los gazapos de las líneas maternas ( $P < 0.05$ ). Otra posible razón podría ser una reducción en la capacidad de ingestión a medida que aumenta la velocidad de crecimiento, lo cual podría estar relacionado (como veremos más adelante) con una mayor eliminación de la proteína no asimilable en estos animales.

Una vez determinado el estado a los 63 días de vida y teniendo la capacidad para estimar con precisión el estado de estos animales a los 28 días de edad, podemos pasar a realizar el balance proteico a lo largo del periodo de cebo. En la Tabla 5 podemos observar como la cantidad de proteína retenida fue significativamente mayor en los gazapos de la línea R respecto a los de la línea LP (+2 g/d;  $P < 0.05$ ) y de estos respecto a la línea H (+1 g/d;  $P < 0.05$ ).

Tabla 5. Efecto del tipo genético sobre el balance proteico a los 63 d de vida.

|   | Tipo genético           |                         |                         |                     |                    |                      | Peso a 28 d (g)             | GMD (g/d)                   |
|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|--------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|   | Sin covariables         |                         |                         | Con covariables     |                    |                      |                             |                             |
|   | H                       | LP                      | R                       | H                   | LP                 | R                    |                             |                             |
| Proteína (g/kg PCV)                             | 572±9 <sup>B</sup>      | 584±7 <sup>B</sup>      | 524±8 <sup>A</sup>      | 544±11 <sup>a</sup> | 570±9 <sup>b</sup> | 566±17 <sup>ab</sup> |                             | -3.06±1.55 <sup>+</sup>     |
| (g/animal)                                      | 292.5±13.2 <sup>A</sup> | 338.5±10.6 <sup>B</sup> | 412.6±12.2 <sup>C</sup> | 354.4±8.7           | 360.5±7.1          | 331.5±13.1           | +0.393±0.103 <sup>***</sup> | +8.58±1.18 <sup>***</sup>   |
| Lisina (g/animal)                               | 16.86±0.90 <sup>A</sup> | 20.50±0.72 <sup>B</sup> | 24.15±0.83 <sup>C</sup> | 20.50±0.88          | 21.80±0.71         | 19.37±1.32           | +0.023±0.01 <sup>*</sup>    | +0.512±0.119 <sup>***</sup> |
| Azufrados (g/animal)                            | 12.90±1.74              | 15.71±1.40              | 16.85±1.60              | 17.12±2.33          | 16.83±1.89         | 11.81±3.48           |                             | +0.695±0.316 <sup>*</sup>   |
| Proteína retenida (g/d)                         | 6.48±0.23 <sup>A</sup>  | 7.42±0.23 <sup>B</sup>  | 9.49±0.27 <sup>C</sup>  | 7.96±0.25           | 8.13±0.20          | 7.31±0.37            | 0.007±0.003 <sup>*</sup>    | 0.245±0.03 <sup>***</sup>   |
| (g/kg M <sup>0.75</sup> d)                      | 5.74±0.16 <sup>A</sup>  | 5.96±0.13 <sup>A</sup>  | 6.64±0.16 <sup>B</sup>  | 6.18±0.17           | 6.38±0.14          | 5.63±0.27            |                             | 0.098±0.026 <sup>***</sup>  |
| Lisina retenida (g/d)                           | 0.37±0.02 <sup>A</sup>  | 0.46±0.02 <sup>B</sup>  | 0.55±0.02 <sup>C</sup>  | 0.45±0.02           | 0.49±0.02          | 0.43±0.04            |                             | 0.012±0.004 <sup>***</sup>  |
| Azufrados retenidos (g/d)                       | 0.29±0.03               | 0.32±0.03               | 0.36±0.03               | 0.38±0.04           | 0.35±0.03          | 0.23±0.06            |                             | 0.015±0.006 <sup>*</sup>    |
| Proteína retenida/Ingestión PD                  | 0.61±0.01               | 0.64±0.01               | 0.64±0.01               | 0.63±0.02           | 0.66±0.01          | 0.59±0.03            |                             | 0.007±0.003 <sup>*</sup>    |
| Proteína retenida/ Ingestión PD <sub>crec</sub> | 0.88±0.02 <sup>A</sup>  | 0.94±0.02 <sup>B</sup>  | 0.89±0.02 <sup>AB</sup> | 0.91±0.03           | 0.94±0.02          | 0.86±0.04            |                             | 0.008±0.004 <sup>+</sup>    |

Tipo genético: H, línea genética fundada y seleccionada por tamaño de camada al destete; LP, línea genética fundada por longevidad reproductiva y seleccionada por tamaño de camada al destete; R, línea genética seleccionada por velocidad de crecimiento.

PD: Proteína digestible destinada tanto a las necesidades de mantenimiento (2,9 kg MS/ kg PV) como a las necesidades de crecimiento.

GMD: Ganancia media diaria.

PD<sub>crec</sub>: Proteína digestible destinada al crecimiento.

Azufrados: Metionina + Cistina.

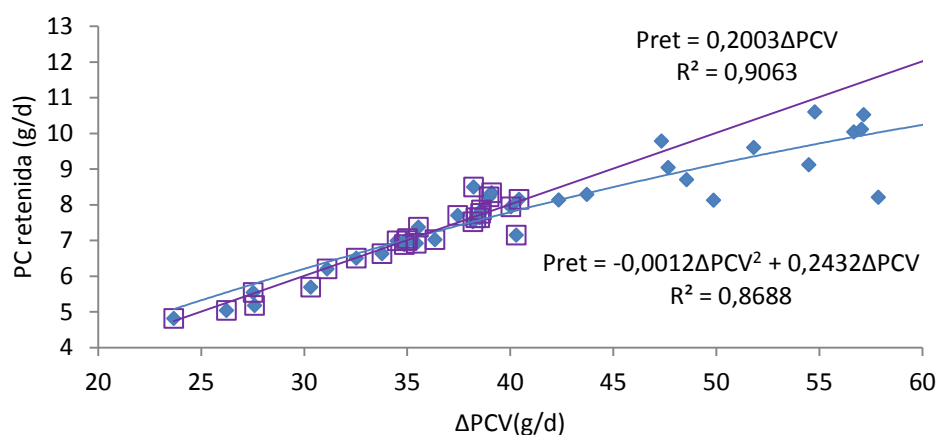
<sup>A,B,C</sup> Medias de los tipos genéticos (sin covariables) que no comparten letra en una misma fila son distintos significativamente a P<0.05.

<sup>a,b,c</sup> Medias de los tipos genéticos (con covariables) que no comparten letra en una misma fila son distintos significativamente a P<0.05.

Covariables: <sup>+</sup> P<0.10; \*P<0.05; \*\* P<0.01; \*\*\* P<0.001.

Sin embargo, estas disparidades no pueden atribuirse a diferencias genéticas sino única y exclusivamente a sus diferencias en ganancia media diaria y a que, al introducir a ésta como covariable explicaría la totalidad de la variabilidad (+0,25 g de proteína retenida por g de GMD;  $P < 0.001$ ). Incluso, cuando introducimos las covariables el valor obtenido para la línea R fue menor (aunque no de forma significativa). De hecho, cuando representamos la evolución de la proteína retenida en función de la ganancia del cuerpo vacío ( $\Delta PCV$ ) durante el engorde (Figura 8), podemos observar como aunque inicialmente muestran una relación lineal entre los 20 y 40 g de  $\Delta PCV$ , a partir de ese momento la relación parece mostrar un comportamiento cuadrático.

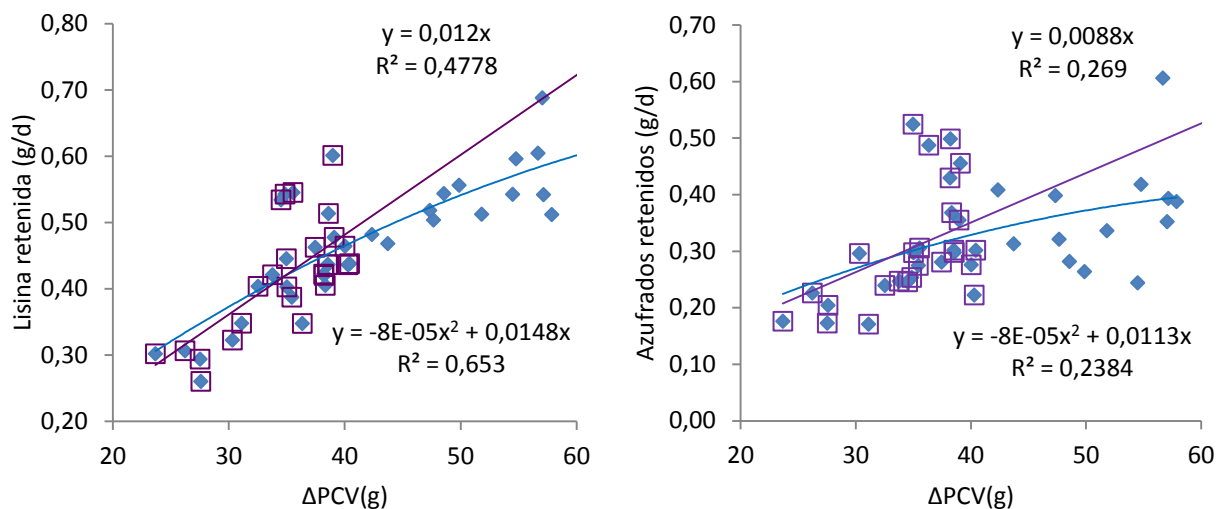
Figura 8. Proteína retenida (g/d) en función de la ganancia de cuerpo vacío (g/d).



De esta forma los animales con una mayor velocidad de crecimiento parecen mostrar una retención proteica inferior a la esperada. De hecho, cuando realizamos una comparación de pendiente a partir de los animales de mayor y menor valor de 40 g/d de  $\Delta PCV$ , observamos como la pendiente de los correspondientes a menos de 40 g/d es superior a la de los animales con más de 40 g/d (+0.114 g de proteína retenida/g  $\Delta PCV$ ;  $P < 0.001$ ).

Este hecho podría estar relacionado con una posible deficiencia en algún aminoácido a partir de los 40-45 g/d de ganancia de peso del cuerpo vacío. Como puede observarse en la Tabla 5 y en la Figura 9 (9.a y 9.b), la evolución de la lisina y los aminoácidos azufrados retenidos en función de la velocidad de crecimiento fue similar a la que mostró la proteína retenida (para el resto de aminoácidos ver Anexo 2).

Figura 9. Lisina y aminoácidos azufrados (metionina + cistina) retenidos en función del incremento de peso del cuerpo vacío.



La utilización de un pienso con unos niveles de proteína dentro de las recomendaciones, pero tratando de reducir el riesgo de trastornos digestivos parece en un principio cubrir las necesidades de los animales entre 45-55 g de ganancia media diaria, ya que la ingestión de proteína y el equilibrio en aminoácidos así lo permitirían. Sin embargo, a partir de este momento los animales de más de 55 g de GMD mostrarían alguna deficiencia en alguno de los aminoácidos limitantes que les llevaría a mostrar una deposición proteica menor a la esperada.

Si esta hipótesis es cierta, sería interesante estimar el contenido en proteína digestible necesario para cubrir las necesidades proteicas de los animales de mayor velocidad de crecimiento. Hemos de tener en cuenta que las líneas de selección por velocidad de crecimiento, como consecuencia del progreso genético (+0.45 a 1.23 g/d por generación para la GMD; Baselga, 2004), hace que la mayoría de los animales de estas líneas tengan GMD superiores a 55-60 g/d.

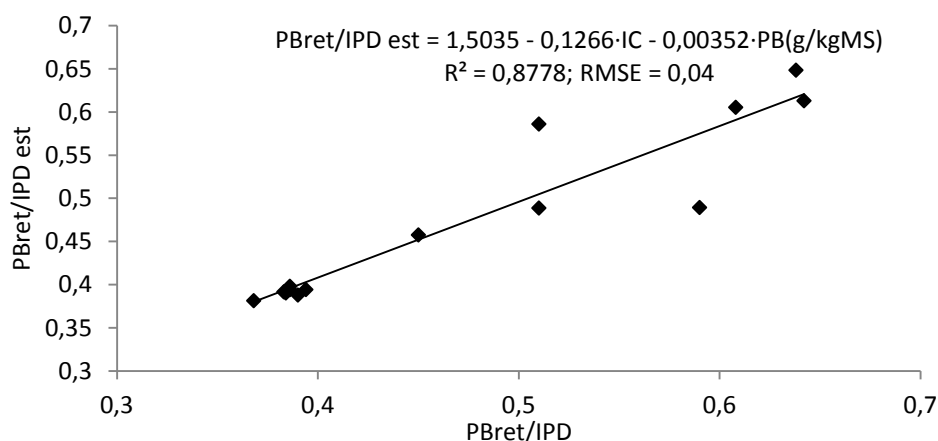
Así, un conejo con una GMD de 70 g/d (60 g/d de cuerpo vacío) necesitaría aumentar su retención de proteína en 1.75 g/d, a partir de la diferencia entre las 2 líneas de tendencias de la Figura 8.

Este aumento en la retención le permitiría expresar todo su potencial genético. Para transformar esa retención proteica en ingestión de proteína digestible, necesitamos la eficacia con la que la proteína digestible ingerida (PDI) se transforma en proteína retenida. Aunque los resultados disponibles en la bibliografía son dispares (Partridge et al., 1989; Fernández y Fraga, 1996; Motta-Ferreira et al., 1996), se suele aceptar un valor medio para dicha eficacia de 0.56, para la eficacia con la que la PDI destinada al crecimiento es utilizada, y de 0.40 para la totalidad de la PDI (sin restar la PDI destinada al mantenimiento).

Los resultados obtenidos en el presente trabajo se encuentran bastante lejos de dichos valores medios, 0.91 y 0.63 respectivamente. Las discrepancias obtenidas son lo suficientemente importantes como para plantearse la necesidad de estudiar su origen. Este parece estar principalmente relacionado con dos factores, el contenido proteico del pienso y el nivel genético de los animales. Cuando se utilizan piensos con niveles proteicos por encima de las recomendaciones (>18% de proteína con animales de baja GMD, <36 g/d; Motta-Ferreira et al., 1996; Fernández y Fraga, 1996), se puede producir un sobreconsumo de proteína digestible que no se destinaría al crecimiento y llevaría a un incremento del índice de conversión por encima de 3 g de MS/ g de crecimiento.

Por otra parte, los animales más seleccionados por su eficacia alimentaria (y por tanto, con mejor índice de conversión) serían más eficaces en la utilización de la PDI destinada al crecimiento. De hecho, cuando representamos los datos obtenidos en este estudio frente a los encontrados en la bibliografía podemos ver como la eficacia de utilización de la PDI destinada al crecimiento depende principalmente del contenido proteico y del índice de conversión (Figura 10).

Figura 10. Relación entre la proteína bruta retenida y la ingestión de proteína digestible estimada en función del índice de conversión (IC) y la proteína bruta (PB).



De esta forma si consideramos una eficacia (PB ret/PDI) de 0.63 necesitaríamos incrementar la ingestión de proteína digestible en 2.78 g/d. Por tanto, un animal de dicha GMD mostraría una ingesta diaria de materia seca y de proteína digestible de 157 y 16.8 g/d respectivamente, con un pienso con un contenido medio de 107 g de PD/kg de MS.

Del nuevo pienso, el animal debería de ingerir  $16.8 + 2.78 = 19.57$  g de PD/d, que suponiendo una igual ingestión de MS supondría la necesidad de diseñar un pienso de 125 g de PD/kg de MS (17.9 g de PB/kg de MS si suponemos un coeficiente aparente de digestibilidad de la proteína medio de 0.7).

Esta estimación muestra la necesidad de aumentar entorno a 1.5% el contenido en proteína digestible de los piensos destinados a la alimentación de machos seleccionados



por velocidad de crecimiento para poder ser capaces de observar todo su potencial genético.

Este trabajo debe continuar ahora en la línea de determinar la digestibilidad ileal de los aminoácidos (principalmente de los aminoácidos esenciales) para poder realizar de la misma forma un cálculo del nivel de cada uno de ellos necesarios para maximizar dicha expresión de crecimiento. A posteriori deberían realizarse pruebas de dosis-respuesta para determinar el orden de limitación de cada uno de ellos.

## 5. Conclusión

Los resultados del presente trabajo han permitido mostrar como los animales seleccionados por velocidad de crecimiento y caracterizados por una elevada ganancia media diaria (>55 g/d) mostrarían una ingesta proteica y una retención de proteína inferior a la esperada para dicha ganancia media diaria. Esto pone de manifiesto la necesidad de diseñar piensos específicos para los núcleos de selección de estos animales, pudiendo asegurar así el avance de la selección genética.

## Bibliografía

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.

Baselga, M. (2004). Genetic improvement of meat rabbits. Programmes and diffusion. *Proceedings 8<sup>th</sup> World Rabbit Congress*. Puebla. México.

Baselga M. Blasco A. (1989). *Mejora genética del conejo de producción de carne*, Agroguias Mundi Prensa. Ediciones Mundi Prensa. Madrid.

Batey I.L. (1982). Starch analysis using thermostable alpha-amylases. *Starch/Starke*. 34(4):125-128.

Belenguer A., Balcells J., Fondevila M., Torre C. (2002). Caecotrophes intake in growing rabbits estimated either from urinary excretion of purine derivatives or from direct measurement using animals provided with a neck collar: effect of type and level of dietary carbohydrate. *Anim Sci* 74, 135–144.

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. (1989). *Genética y nutrición del conejo*. In C. de Blas *Alimentación del conejo*. Ediciones Mundi Prensa, Madrid.

Blasco A., Piles M., y Varona L. (2003). A Bayesian analysis of the effect of selection for growth rate on growth curves in rabbit. *Genetics, Selection and Evolution*, 35(1), 21-41.

Bosch L., Alegría A. y Farré R. (2006). Application of the 6-aminoquinolyl-N-hydroxysuccinimidyl carbamate (AQC) reagent to the determination of amino acids in infant foods. *Journal of Chromatography B*. 831: 176-183.

Brody S. (1945). *Bioenergetics and growth*. Ed. Hafner.

Carabaño R., de Blas J.C. and Garcia A.I. (2000) Recent advances in nitrogen nutrition in rabbits. *World Rabbit Science* 8 (Suppl. 1), 14–28.

Carabaño R., Villamide M.J., García J., Nicodemus N., Llorente A., Chamorro S., Menoyo D., García-Rebollar P., García-Ruiz A.I. y de Blas J.C. (2009) New concepts and objectives for protein-amino acid nutrition in rabbits: a review. *World Rabbit Science* 17, 1-14.

Carabaño R., Villamide M.J., García I., Nicodemus N., Llorente A., Chamorro S., Menoyo D., García- Rebollar P., García-Ruiz A.I. and de Blas J.C. (2008) New concepts and objectives for protein-amino acid nutrition in rabbits. In: Xiccato G., Trocino A. and Lukefhar S.D. (eds) *Proceedings of the 9<sup>th</sup> World Rabbit Congress*, Verona, Brescia, Italy, pp. 135–155.

De Blas J.C., Taboada E., Nicodemus N., Campos R., Piquer J. and Mendez J. (1998) Performance response of lactating and growing rabbits to dietary threonine content. *Animal Feed Science and Technology* 70, 151–160.

De Blas C., González Mateos G., García Rebollar P. (2010). *Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos (3ª edición)*. Ed. FEDNA. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Madrid. 502 pp.

Deltoro J., Lopez A.M. (1985). Allometric changes during growth in rabbits. *J. Agric. Sci.* 105: 339-346.

Eiben Cs., Gippert T., Godor-Surmann K., Podmaniczky B. and Kustos K. (2008) Influence of dietary protein reduction and enzyme and/or amino acid supplementation on fattening performance of rabbits. In: Xiccato G., Trocino A. and Lukefahr S.D. (eds) *Proceedings of the 9th World Rabbit Congress, Verona, Brescia, Italy*, pp. 637–642.

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.

FAO, STAT. (2011). Statistics Data: Food and Agriculture organization  
<http://faostat.fao.org/site/569/DesktopDefault.aspx?PageID=569#ancor>

Fernandez C. and Fraga M.J. (1996) Effect of fat inclusion in diets for rabbits on the efficiency of digestible energy and protein utilization. *World Rabbit Science* 4, 19–23.

Fraga M.J. (1998). Protein requirements. In: de Blas C. and Wiseman J. (eds) *The Nutrition of the Rabbit*. CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 133–143.

Garcia A.I., de Blas J.C. and Carabaño R. (2005) Comparison of different methods for nitrogen and amino acid evaluation in rabbit diets. *Animal Science* 80, 169–178.

Garcia-Palomares J., Carabaño R., Garcia-Rebollar P., de Blas J.C. and Garcia A.I. (2006) Effects of dietary protein reduction during weaning on the performance of does and suckling rabbits. *World Rabbit Science* 14, 23–26.

García-Quirós A., Arnau A., Penadés M., Cervera C., Martínez-Paredes E., Ródenas L., Selva L., Viana D., Corpa J.M., Pascual J.J. (2013). Effect of genetic type on blood leukocyte populations, growth performance and health of young rabbits. *Vet Immunol Immunopath.*

Gómez E. A., Rafel O., Ramón J., Baselga M. (1996). A genetic study of a line selected on litter size at weaning. In: *Proc. 6th World Rabbit Congress, Toulouse, France*. 2:289-292.

González-Mateos G., Piquer J. (1994). Diseño de programas alimenticios para conejos: aspectos teóricos y formulación práctica. *Boletín de Cunicultura* 76, 16-31.

Kivi J.T. (2000). Amino acids. In: *Food analysis by HPLC*. Marcel Dekker New York.

Lebas F. (1989) Besoins nutritionnels des lapins. Revue bibliographique et perspectives. Cuni-Sciences 5, 1–28.

Lebas F., P. Coudert R. Rouveir H. de Rochambeau. (1997). The rabbit husbandry, health and production. FAO Animal Production and Health Series, Rome.

Maertens L. (1992) Rabbit nutrition and feeding: a review of some recent developments. Journal of Applied Rabbit Research 15, 889–913.

Maertens L., Luzi F. and De Groote G. (1997) Effect of dietary protein and amino acids on the performance, carcass composition and N-excretion of growing rabbits. Annales des Zootechnie 46, 255–268.

Mínguez Balaguer, C. (2011). Comparación de cuatro líneas maternas de conejo en caracteres de crecimiento. Baselga Izquierdo M. dir. 62 p.

Motta Ferreira W., Fraga M.J. and Carabaño R. (1996) Inclusion of grape pomace, in substitution for Lucerne hay, in diets for growing rabbits. Animal Science 63, 167–174.

Moughan P.J., Schultze W.H., Smith W.C. (1998). Amino acid requirements of the growing meat rabbit. Anim. Prod., 47 pp. 297–301.

Official method 934.01. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 18th edition. Association of Official Analytical Chemist, Arlington, VA, EEUU.

Official method 976.05. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 18th edition. Association of Official Analytical Chemist, Arlington, VA, EEUU.

Orozco F. (1995). Zootecnia. Bases de Producción Animal. Tomo IV: Genética, Patología, higiene y residuos animales. Ediciones Mundi Prensa, Madrid. pp 27-32.

Partridge G.G., Garthwaite P.H. and Findlay M. (1989) Protein and energy retention by growing rabbits offered diets with increasing proportions of fibre. Journal Agricultural Science, Cambridge 112, 171–178.

Pascual M., Aliaga S., y Pla M. (2004). Effect of selection for growth rate on carcass and meat composition in rabbits. Proc. 8<sup>th</sup> Word Rabbit Congress (pp. 1435-1440). Puebla. México.

Robinson D.W. (1976). Cellular basis for changes in body composition. Journal of Animal Science, 42(4), 1024-1035.

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

SAS Institute. 2002. SAS/STAT® User's Guide (Release 9.2). SAS Inst. Inc., Cary NC, USA.

Taboada E., Mendez J., Mateos G.G. and de Blas J.C. (1994) The response of highly productive rabbits to dietary lysine content. *Livestock Production Science* 40, 329–337.

Taboada E., Méndez J. and de Blas J.C. (1996) The response of highly productive rabbits to dietary sulphur amino acids content for reproduction and growth. *Reproduction Nutrition and Development* 36, 191–203.

Trocino A., Xiccato G., Sartori A. and Queaque P.I. (2000). Feeding plans at different protein levels: effects on growth performance, meat quality and nitrogen excretion in rabbits. *World Rabbit Science* 8 (Suppl. 1), 467-474.

Van Soest P.J., Robertson J.B., Lewis B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74, 3583-3597.

Villamide M.J., Carabaño R., Maertens L., Pascual J., Gidenne Falcão e Cunha L. and Xiccato G. (2009) Prediction of the nutritional value of European compound feeds for rabbits by chemical components and *in vitro* analysis. *Animal Feed Science and Technology* 150, 283–294.

Xiccato G. (1996) Nutrition of lactating does. In: Lebas, F. (ed.) *Proceedings of the 6th World Rabbit Congress, Toulouse*. Association Francaise de Cuniculture, Lempdes, France, pp. 29–50.

Xiccato G. and Trocino A. (2010). Energy and Protein Metabolism and Requirements. In: *Nutrition of the Rabbit* (ed. Carlos de Blas and Julian Wiseman). CABI Publishing, Wallingford, UK. pp 83-111.