
Avances en nutrición de conejos

J.C. De Blas, J. García y R. Carabaño
Departamento de Producción Animal
Universidad Politécnica de Madrid

Introducción

El sistema digestivo del conejo presenta particularidades importantes con respecto a otras especies domésticas. El estudio del área fermentativa cecal, del proceso de la cecotrofia y del tránsito digestivo, y de su influencia sobre la eficacia digestiva, la capacidad de ingestión y la incidencia de diarreas, ha derivado en restricciones nutritivas específicas. De esta forma, la composición de los piensos comerciales de conejos tiene en la actualidad más similitudes con los de rumiantes de alta producción que con los de otras especies de animales monogástricos. Por otra parte, la intensificación de la producción, ligada a un destete precoz y a la mayor incidencia de problemas digestivos a edades jóvenes, ha promovido la realización de trabajos sobre el desarrollo de la capacidad digestiva de los gazapos con la edad. El objetivo de este trabajo es presentar una revisión de la evolución de estos conocimientos a lo largo de los últimos años y de cómo se ha reflejado en los sistemas de producción actuales.

El aparato digestivo

Numerosos estudios han permitido un mejor conocimiento del funcionamiento general del sistema digestivo del conejo. De acuerdo con estos trabajos, el primer compartimento importante del aparato digestivo del conejo es el estómago, que representa alrededor de un tercio de la capacidad digestiva total (Porstmouth, 1977). En él se distinguen dos zonas: una fúndica y otra pilórica. En la primera el pH es más elevado (3,5 Gutiérrez et al., 2002a) y en ella permanecen los cecotrofos durante varias horas después de ser ingeridos (6-8 h; Lang, 1981). En esta zona ha sido detectada actividad fibrolítica (Marounek et al., 1995), de forma que podría tener lugar una cierta digestión de la fibra. El pH en la zona pilórica es muy bajo (1,2), incluso en animales jóvenes destetados precozmente (Gutiérrez et al., 2002a), lo que asegura la desnaturalización de las proteínas alimenticias y una barrera séptica frente a la contaminación microbiana por vía oral. El intestino delgado tiene una longitud de

alrededor de 3 m en un animal adulto y en él vierten diferentes secreciones digestivas (pancreática, biliar e intestinal). El tránsito digestivo en esta zona es muy rápido (2-4 h). El material indigerido, incluyendo la mayor parte de la fracción fibrosa, junto con secreciones endógenas, alcanza la zona fermentativa, localizada fundamentalmente en el ciego, que representa alrededor del 50% del volumen del aparato digestivo (Porstmouth, 1977). En él reside una población de 10^{10} - 10^{12} bacterias/g, pertenecientes principalmente a los géneros *Bacteroides*, *Bifidobacterium*, *Clostridium*, *Streptococcus* y *Enterobacter* (Carabaño y Piquer, 1998). La fermentación cecal es típicamente acética (Gidenne et al., 1998) y utiliza como principales sustratos fibra, como fuente de energía, y secreciones endógenas (células epiteliales, secreciones digestivas, urea, ...) como fuente de nitrógeno (Carabaño et al., 2000). El vaciado diario del contenido cecal para dar lugar a los cecotrofos, implica un tiempo medio de fermentación relativamente corto (alrededor de 10 h) y una baja eficacia digestiva de la fibra (Gidenne et al., 1998). La contrapartida es un corto tiempo medio de permanencia del alimento en el aparato digestivo y, por tanto, una elevada capacidad de ingestión de alimentos fibrosos por unidad de peso del animal (De Blas et al., 1999).

El mecanismo de la cecotrofia

La cecotrofia constituye una de las principales singularidades del sistema digestivo del conejo y, por ello, ha sido objeto de distintos trabajos en relación con los mecanismos fisiológicos implicados y con la cuantificación de su contribución a las necesidades de nutrientes del animal.

Los mecanismos de separación de partículas a nivel del ciego y del colon proximal son básicos para la producción de dos tipos de heces, ya que sólo las partículas más finas del alimento (< 0,3 mm) y el contenido digestivo so-

luble entran en el ciego, mientras que las partículas más gruesas progresan rápidamente por el colon para dar lugar a la formación de las heces duras (Bjbrnhag, 1972; Pickard y Stevens, 1972).

Por otra parte, los conejos muestran un marcado ritmo nictameral en cuanto a ingestión de alimento y excreción de heces (Carabaño y Merino, 1996). El consumo de pienso se produce de manera más o menos continua a lo largo de la tarde y de la noche, en paralelo a la excreción rápida de parte del residuo indigerido en forma de heces duras. Simultáneamente, las partículas finas van entrando y fermentando en el ciego, hasta que éste se vacía durante las horas de la mañana para dar lugar a la formación de los cecotrofos. Durante el periodo de cecotrofia (alrededor de 8 h), el consumo de pienso se reduce y cesa la excreción de heces duras. Los ritmos de excreción e ingestión se modifican con el régimen de iluminación (Jilge, 1982), el estado fisiológico (Lorente et al., 1988) y la restricción del suministro de alimento (Lebas y Laplace, 1975; Fioramonti y Ruckebush, 1976).

La excreción y concentración en nutrientes de los cecotrofos ha sido determinada en diferentes trabajos (Proto, 1976; Hórnicke y Bjórnhag, 1980; Carabaño et al., 1988; Fraga et al., 1991; Motta et al., 1996 y Carabaño et al., 1997). Los cecotrofos tienen una alta proporción de proteína (entre un 23 y un 33% sobre materia seca), de la cual alrededor del 50% es de origen microbiano (Spreadbury, 1978; García et al., 1995). La cecotrofia supone por tanto un aporte significativo de proteína para el animal (del orden de un 15% de sus necesidades totales) y aún mayor de aminoácidos esenciales (especialmente lisina y treonina, Nicodemus et al., 1999b). También tiene importancia el reciclado de vitaminas del grupo B, vitamina K y minerales, así como la hidrólisis de parte del ácido fítico (Gutiérrez et al., 2000). La excreción de cecotrofos depende del consumo de materia seca y del tipo de

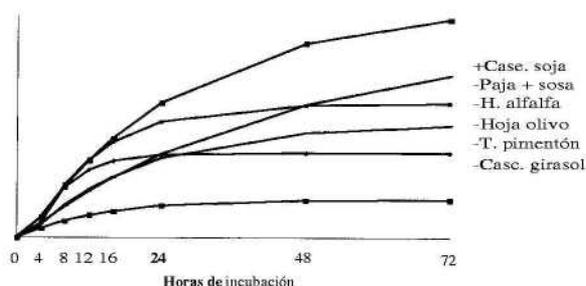
dieta, a través de su relación con la cantidad de sustrato fermentada en el ciego. Así, García et al. (2000) han observado un efecto positivo de la proporción de partículas finas y de fibra soluble, y negativo del grado de lignificación de la fibra, sobre el reciclado de nitrógeno bacteriano en los cecotrofos.

Fermentación de la fibra

La digestión de la fibra ha recibido una considerable atención en los últimos años. La fibra es un componente cuantitativamente importante de los piensos de conejos (más de un tercio del peso total) y, además, presenta una notable variabilidad entre ingredientes, tanto en su composición química (proporción de fibra soluble o de lignina), como en sus características físicas (tamaño de partícula, capacidad de hidratación, etc.).

La fibra alimenticia sólo puede digerirse a través de la fermentación microbiana en el tracto digestivo y su eficacia condiciona de manera significativa la utilización final del pienso. En el gráfico 1 se muestra la degradación *in situ* de la fibra de distintos alimentos en función del tiempo de fermentación (Escalona et al., 1999). Como puede apreciarse, existen notables diferencias entre alimentos en función del tipo de fibra. A tiempos de fermentación cortos (10-12 h), que corresponden a los valores típicos en conejos, la proporción de fibra digerida es limitada y depende fundamentalmente de la

Gráf. 1.- Degradación *in situ* de la FND de subproductos fibrosos

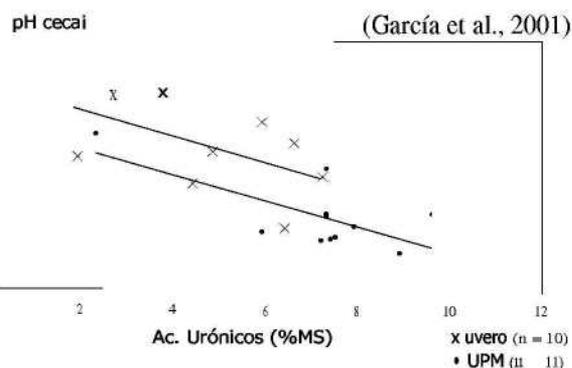


Escalona et al., 1999

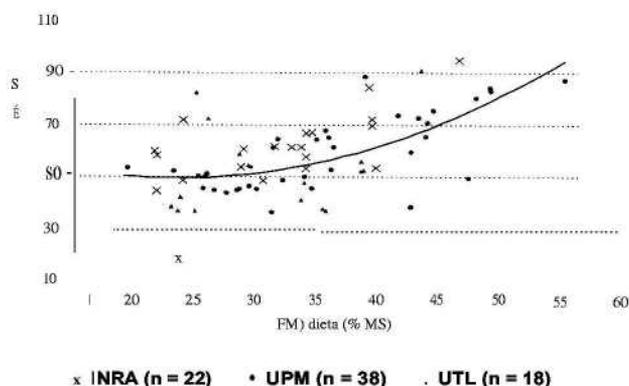
proporción de fibra soluble (pectinas, oligosacáridos, b-glucanos, pentosanas, etc.) que se digiere parcialmente en el intestino delgado (Carabaño et al., 2001) y es la fracción más fácilmente disponible para los microorganismos (De Blas et al., 1999).

La fermentación -de la fibra es también importante porque los productos de su digestión modifican el medio en el que se desarrollan los microorganismos (acidez y concentración de ácidos grasos volátiles, AGV) en un grado variable que depende del nivel y tipo de fibra de la dieta (ver gráficos 2 y 3). Como consecuencia, la digestión de la fibra condiciona de forma variable el tipo de flora residente en el área fermentativa. Así, Prohaszka (1980) y Wallace et al. (1989) observaron que tanto un aumento de la acidez como de la concentración de AGV reducía la densidad de *E. Coli* en un cultivo *in vitro*. Por otra parte, los AGV, y particularmente

Gráf. 2.- Fibra soluble de la dieta y pH cecal



Gráf. 3.- Nivel de fibra y concentración cecal de AGV



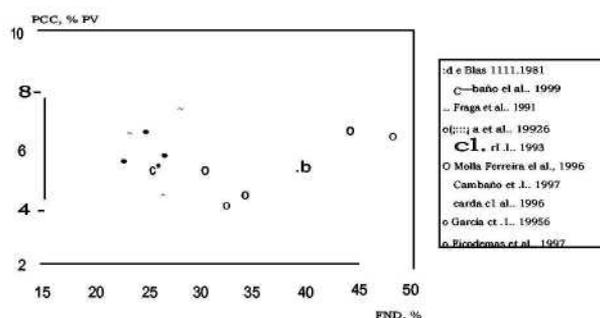
el ácido butírico, son nutrientes preferentes de los enterocitos de la mucosa intestinal, por lo que un incremento en su concentración en el contenido digestivo asegura una mayor integridad de la mucosa (Vernay, 1987; Chiou et al., 1994) y, por tanto, una mayor capacidad de absorción y un mejor desarrollo del sistema inmunitario asociado (Lannig et al., 2000).

El nivel y tipo de fibra de la dieta también influyen en la acumulación de digesta en el ciego a través de su efecto sobre la motilidad intestinal. El peso del contenido cecal alcanza valores mínimos para una concentración de un 38,7% de FND sobre MS (ver gráfico 4) y, a igualdad de contenido en fibra en la dieta, tiende a aumentar con su proporción de fibra soluble y de partículas finas y a disminuir con

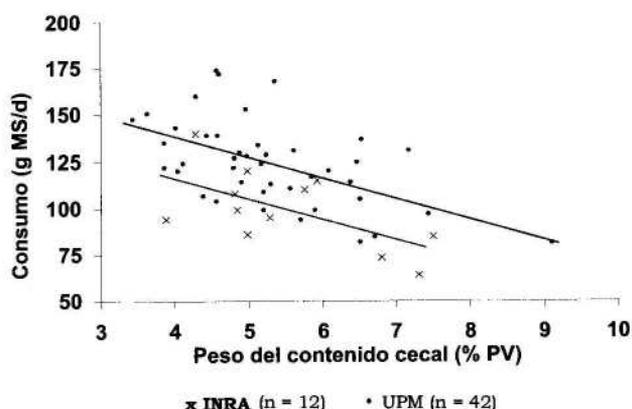
la de lignina y partículas largas. Este efecto es importante porque la acumulación de digesta en el ciego influye negativamente en el consumo (ver gráfico 5) y, por tanto, en los rendimientos productivos del animal (García et al., 1993; Nicodemus et al., 1999a; García et al., 2002; ver gráfico 6) y también porque ha sido relacionada con una mayor incidencia de trastornos digestivos (Lebas et al., 1998).

El efecto global del nivel y tipo de fibra (%LAD en dietas isofibrosas) sobre la mortalidad en el periodo de cebo se muestra en los gráficos 7 y 8. En estos trabajos, una mayor mortalidad estuvo asociada a un tránsito más lento y a una caída del consumo por un déficit de fibra, y especialmente de fibra lignificada. De ellos se deduce la necesidad de imponer un nivel míni-

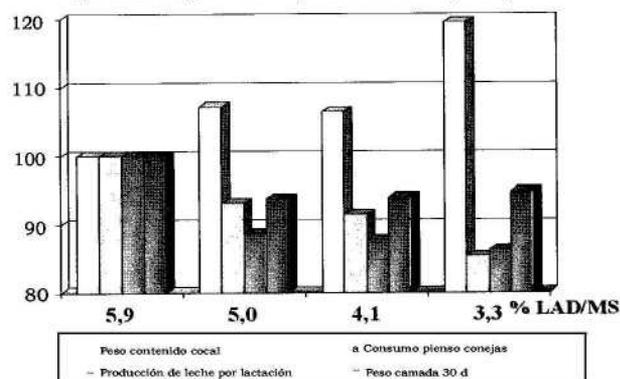
Gráf 4.- Nivel de **FND** y peso del contenido cecal (De Blas et al, 1999)



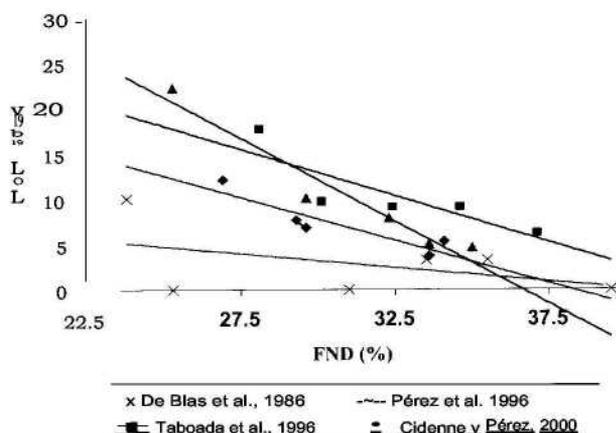
Gráf. 5.- Peso del contenido cecal y consumo (García et al., 2001)



Gráf. 6.- Efecto del nivel de LAD sobre parámetros productivos (Nicodemus et al, 1999)



Gráf 7.- Efecto del nivel de fibra sobre la mortalidad en el periodo de cebo



mo de fibra total, así como de utilizar un tipo de fibra que asegure un tránsito rápido del alimento en el aparato digestivo.

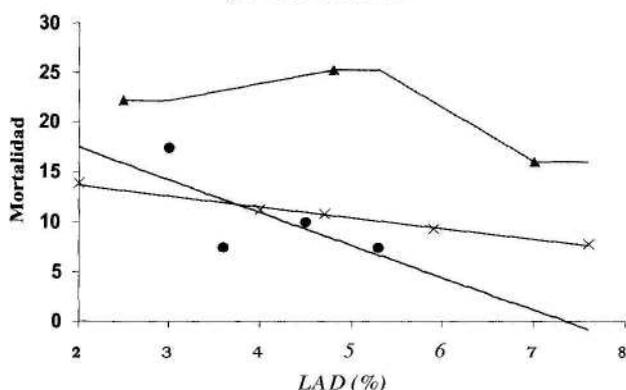
Digestión de la proteína

Uno de los principales objetivos a lo largo de estos años ha sido mejorar la predicción del valor nutritivo de alimentos. Así, en el cuadro 1 se muestran ejemplos de valores obtenidos para digestibilidad fecal aparente de la proteína en diferentes alimentos de conejos. De estos resultados se deduce una elevada variabilidad de este parámetro, de modo que la utilización del contenido total de proteína bruta como unidad de valoración se traduciría en una subvaloración de los concentrados de proteína vegetal (harinas de soja y girasol) y en una sobrevaloración de algunos subproductos (especialmente de la granilla de uva).

Cuadro 1. Digestibilidad fecal aparente de la proteína (Villamide et al., 1998)

Soja 44	82
Harina de girasol	73-80
Trigo	77
Salvado de trigo	73
Heno de alfalfa	56-64
Cascarilla de soja	50
Granilla de uva	15

Gráf. 8.- Nivel de lignina y mortalidad en el periodo de cebo



△ Pérez et al., 1994

● Nicodamus et al., 1999

× Gidenne et al., 2001

En una segunda aproximación, puede tenerse en cuenta que el flujo de proteína que alcanza las heces duras está compuesto por una mezcla de proteína indigestible del alimento que consume el animal y de proteína microbiana procedente del área fermentativa. Para evitar esta interferencia, resulta preferible hacer el balance de la 'digestión al final del íleon (digestibilidad ¡leal).

Finalmente, debe considerarse que en cualquier lugar donde se haga el balance digestivo, una parte del flujo corresponde a proteína de origen endógeno: células epiteliales, enzimas digestivas, residuos de cecotofos, etc. En consecuencia, se establece una diferenciación entre flujos aparentes (totales) y reales (descontando las pérdidas endógenas) y, por tanto, entre digestibilidad aparente y real. En el cuadro 2 se muestran valores de digestibilidad ¡leal real (la unidad más precisa) y digestibilidad fecal aparente (la más simple de determinar) de la lisina de varios alimentos. Como puede apreciarse, la digestibilidad fecal aparente sobrestima la eficacia real de utilización digestiva de la lisina en alimentos como la alfalfa o el salvado.

Cuadro 2. Lisina ileal real vs fecal aparente

(base 100 = girasol 36) (Carabaño et al., 2000)

Alimento	CD ¡leal real	CD fecal aparente
Girasol 36	100	100
Cebada	92	97
Alfalfa	74	86
Salvado	72	84

Como consecuencia, se ha propuesto que la utilización digestiva de aminoácidos se valore a través de la digestibilidad ¡leal real. En otros nutrientes, como almidón, grasa o azúcares, donde la interferencia de la digestión microbiana es menos notable, los balances digestivos pueden realizarse en general a nivel fecal aparente (total), sin que se cometan errores significativos. La utilización de una estimación más precisa de los aportes de

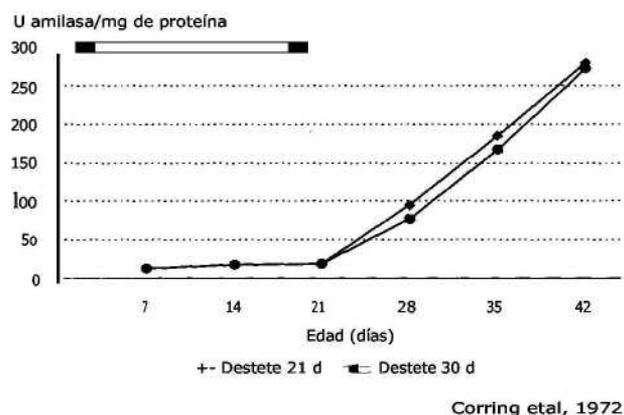
aminoácidos digestibles de la dieta, unida a la mayor información sobre necesidades de aminoácidos esenciales generada en los últimos años (Taboada et al., 1994; 1996 y De Blas et al., 1998), permite una formulación más ajustada de la fracción proteica de la dieta. Estos avances implican ventajas en términos de reducción de costes, pero también en cuanto a que un exceso de proteína de la dieta ha sido relacionado con una mayor incidencia de problemas digestivos (Catala y Bonafous, 1979; De Blas et al., 1981; Haffar et al., 1988). Este problema podría ser más importante en gazapos jóvenes debido a la menor actividad relativa de la tripsina y quimotripsina pancreáticas (Dojana et al., 1998). En este sentido, Maertens et al. (1997) han observado que es posible reducir el nivel de proteína de la dieta desde un 17 hasta un 15,7% sin disminuir el crecimiento de los animales, siempre que se asegure un aporte suficiente de aminoácidos esenciales.

Digestión en animales jóvenes

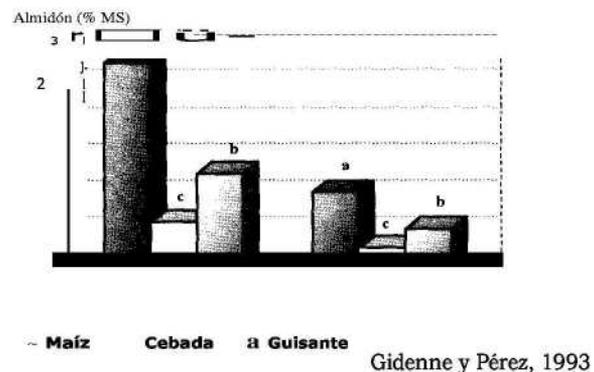
La intensificación de la producción comercial de conejos en los últimos años ha derivado en destetes cada vez más precoces que permitan incrementar el ritmo reproductivo de las conejas. No obstante, distintos estudios (Lebas et al., 1971; Corring et al., 1971; Marounek et al., 1995; Dojana et al., 1998 y Scapinello et al., 1999) han mostrado que la capacidad digestiva y fermentativa en animales jóvenes es limitada (ver por ej. gráfico 9 para amilasa pancreática). Como consecuencia, aumenta el flujo de substrato fermentable que alcanza la zona fermentativa (por ej. almidón, ver gráfico 10), lo que podría alterar la composición de la flora digestiva, y explicar la mayor incidencia de problemas digestivos (ver gráfico 11). En este sentido, se ha observado que gazapos destetados precozmente (a los 25 d de edad) que reciben un pienso comercial de cebo crecen más lentamente (Rodríguez et al., 1981) y tienen una mayor mortalidad (Lebas, 1993)

hasta los 35 d que los gazapos que permanecen con la madre hasta esta edad. Por tanto, el diseño de piensos apropiados de iniciación que minimicen el flujo de nutrientes digestibles hacia la zona fermentativa parece

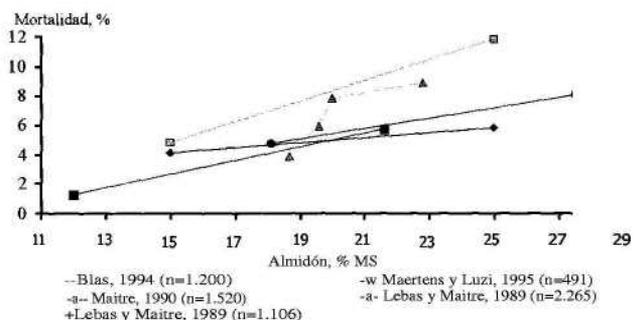
Gráf. 9.- Efecto de la edad sobre la actividad amilásica pancreática (Coming et al., 1972)



Gráf. 10.- Efecto de la fuente de almidón sobre su concentración en ileon y heces



Gráf. 11.- Efecto del nivel de almidón sobre la mortalidad post-destete (35-49 d)



una premisa necesaria para acortar el periodo de lactancia.

Trabajos recientes (Gutiérrez et al., 2002 a,b) indican que el uso de piensos más digestibles da mejores resultados de crecimiento y mortalidad en gazapos jóvenes, especialmente si el almidón está procesado térmicamente o si añaden enzimas que faciliten su digestión en el

intestino delgado, reduciendo su flujo al íleon. Por otra parte, se ha observado (Gutiérrez, 2001) que el uso de distintas fuentes de proteína da lugar a diferencias en el flujo ileal de proteína, en función de su contenido en factores antinutritivos, lo que implica variaciones en la mortalidad durante el periodo de cebo.

Bibliografía

- Bjórnhag, G. 1972. Separation and delay contents in the rabbit colon. *Swed. J. of Agric. Res.* 2: 125-136.
- Blas, E., C. Cervera y J. Fernández-Carmona. 1994. Effect of two diets with varied starch and fibre levels on the performances of 4-7 weeks old rabbits. *World Rabbit Sci.* 2: 117-121.
- Carabaño, R., M.J. Fraga, G. Santomá y J.C. De Blas. 1988. Effect of diet on composition of caecal contents and on excretion and composition of soft and hard faeces. *J. Anim. Sci.* 66: 901-910.
- Carabaño, R. y J.M. Merino. 1996. Effect of ileal cannulation on feed intake, soft and hard faeces excretion throughout the day in rabbits. En: *Proceedings 6th World Rabbit Congress. Toulouse*, pp: 121-126.
- Carabaño, R., W. Motta-Ferreira, J.C. De Blas y M.J. Fraga. 1997. Substitution of sugarbeet pulp for alfalfa hay in diets for growing rabbits. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 65: 249-256.
- Carabaño, R. y J. Piquer. 1998. The digestive system of the rabbit. En: *The nutrition of the rabbit. CAB International*. pp: 1-16.
- Carabaño, R., J.C. De Blas y A.I. García. 2000. Recent advances in nitrogen nutrition in rabbits. *World Rabbit Sci.* 8: 15-28.
- Carabaño, R., J. García y J.C. De Blas. 2001. Effect of fibre source on cell wall apparent ileal digestibility in rabbits. *Anim. Sci.* 72: 343-350.
- Catala, J. y R. Bonnafous. 1979. Modifications de la microflore quantitative, de l'excrétion fécale et du transit intestinal chez le lapin, après ligature du canal pancréatique. *Ann. Zootech.* 28: 128.
- Chiou, P.W.S., B. Yu y C. Lin. 1994. Effect of different components of dietary fiber on the intestinal morphology of domestic rabbits. *Comp. Bioch. and Phys.* 108A: 629-638.
- Corring, T., F. Lebas y T. Courtot. 1972. Contrôle de l'évolution de l'équipement enzymatique du pancréas exocrine du lapin de la naissance a six semaines. *Ann. Biol. Anim. Bioch. et Biophys.* 12: 221-231.
- De Blas, C., E. Pérez, M.J. Fraga, M. Rodríguez y J. Gálvez. 1981. Effect of diet on feed intake and growth of rabbits from weaning to slaughter at different ages and weights. *J. Anim. Sci.* 52: 1225-1232.
- De Blas, J.C., G. Santomá, R. Carabaño y M.J. Fraga. 1986. Fiber and starch levels in fattening rabbits diets. *J. Anim. Sci.* 63: 1897-1904.
- De Blas, J.C., E. Taboada, G.G. Mateos, N. Nicodemus y J. Méndez. 1995. Effect of substitution of starch for fiber and fat in isoenergetic diets on nutrient digestibility and reproductive performance of rabbits. *J. Anim. Sci.* 73: 1131-1137.
- De Blas, C., E. Taboada, N. Nicodemus, R. Campos, J. Piquer y J. Ménez. 1998. Performance response of lactating and growing rabbits to dietary threonine content. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 70: 151-160.
- De Blas, C., J. García y R. Carabaño. 1999. Role of fibre in rabbit diets. A review. *Ann. Zootech.* 48: 3-13.
- Dojana, N., M. Costache y M. Dinischiotu. 1998. The activity of some digestive enzymes in domestic rabbits before and after weaning. *Anim. Sci.* 66: 501-507.
- Escalona, B., R. Rocha, J. García, R. Carabaño y J.C. De Blas. 1999. Characterization of in situ fibre digestion of several fibrous feedstuffs. *Anim. Sci.* 68: 217-221.
- Fioramonti, J. y Y. Ruckebush. 1976. La motricité caecale chez le lapin. 3. Dualité de l'excretion fécale. *Ann. Rech. Vét.* 7: 281-295.
- Fraga, M.J., P. Pérez de Ayala, R. Carabaño y J.C. De Blas. 1991. Effect of type of fiber on the rate of passage and on the contribution of soft faeces to nutrient intake of fattening rabbits. *J. Anim. Sci.* 69: 1566-1574.
-