

## Efecto del tipo de fibra en la alimentación de gazapos destetados precozmente

M. S. Gómez Conde, S. Chamorro, N. Nicodemus, C. De Blas, J. García, R. Carabaño  
Departamento de Producción Animal, ETS Ingenieros Agrónomos,  
Universidad politécnica 28040, Madrid, ESPAÑA

### Resumen

El efecto de la fuente de fibra sobre los parámetros de digestibilidad y los rendimientos productivos en dietas para gazapos destetados precozmente (25 días de edad) se estudió en las dos semanas post-destete (25-39 días de edad). Para ello se formularon tres dietas con distinto nivel de fibra soluble (7.1%, 9.3% y 11.7%), que en todos los casos cumplieren o excediesen los requerimientos en nutrientes esenciales de conejos en crecimiento. La distinta graduación en fibra soluble se obtuvo utilizando en cada una de las tres dietas como principal fuente de fibra cascarilla de avena, heno de alfalfa y una mezcla de pulpa de remolacha y manzana, respectivamente. Para la prueba de cebo se utilizaron 41 animales por tratamiento, que se alimentaron con las dietas experimentales las dos semanas siguientes al destete, para posteriormente recibir un pienso común de cebo hasta los 60 días de edad. La digestibilidad fecal e ileal aparente de las dietas se determinó a los 35 días de edad en 14 y 7 animales por dieta, respectivamente. La fuente de fibra tuvo un efecto significativo sobre la digestibilidad ileal y fecal. La inclusión de una mezcla de pulpa de remolacha y manzana mejoró la digestibilidad fecal de la materia seca ( $P=0.002$ ), la energía bruta ( $P=0.003$ ), la fibra neutro detergente ( $P=0.001$ ) y la fibra ácido detergente ( $P=0.001$ ), por el contrario no se detectaron diferencias significativas respecto a la digestibilidad de la proteína entre tratamientos (78,8% como media). A nivel ileal, sólo se observaron diferencias entre las distintas dietas en la digestibilidad del almidón, que aumentó a medida que lo hacía el contenido en fibra soluble de las mismas. La inclusión de una mezcla de pulpa de remolacha y manzana incrementó la eficacia alimenticia respecto a la dieta con cascarilla de avena (0.611 vs 0.554,  $P=0.001$ ) y redujo la tasa de mortalidad en las dos semanas siguientes al destete (5.3 vs 14.4,  $P=0.05$ ).

### Abstract

The effect of the source of fibre on digestion efficiency and growth performance in early weaned rabbits (25 days of age) at the starter period (25-39d) was investigated. Three diets with different levels of soluble fibre (7.1%, 9.3% and 11.7%) were formulated to meet or exceed essential nutrient requirements for growing rabbits. In order to get this graduation of soluble fibre: oat hulls, alfalfa hay and a mix of sugar beet and apple pulp were used as the main source of fibre in each experimental diet, respectively. In the growth performance trial, 41 rabbits per diet were feed with the experimental diets during the postweaning period (two weeks), thereafter all the animals received a common feed until 60 days of age. Fecal and ileal apparent digestibility were determined at 35 days of age in fourteen and seven animals per diet, respectively. The source of fibre had a significant effect on fecal and ileal digestibilities. The inclusion of sugar beet and apple pulp improved dry matter ( $P=0.002$ ), gross energy ( $P=0.003$ ), FND ( $P=0.001$ ) and FAD ( $P=0.001$ ) fecal digestibility, whereas protein digestibility was not affected by treatments (78.8% on average). In the ileum, only significant differences were appreciated in starch digestibility which increased as higher levels of soluble fibre. The inclusion of sugar beet and apple pulp increased feed efficiency with respect to the diets with oat hulls (0.611 vs 0.554,  $P=0.001$ ) and reduced mortality rate (5.3 vs 14.4,  $P=0.05$ ).

<sup>1</sup>Trabajo financiado por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (Proyecto AGL2002-2796)

<sup>2</sup>Teléfono: 34915492357; fax: 34915499763; E-mail: rcarabano@pan.etsia.upm.es

**Palabras clave:** tipo de fibra, digestión, rendimientos productivos, destete precoz de gazapos

### Introducción

El aporte total de fibra en piensos de conejos en crecimiento, así como las propiedades químicas y físicas de la misma, han sido objeto de numerosos estudios y revisiones (de Blas et al., 1999, Gidenne, 2000). Como consecuencia de los mismos, las restricciones se han ido redefiniendo a lo largo de los últimos años. De estos trabajos se deduce que la fibra no sólo actúa como fuente de nutrientes, sino que además tiene un efecto regulador sobre la velocidad de tránsito de la digesta, sobre el establecimiento y equilibrio de la microbiota, así como sobre el mantenimiento de la integridad de la mucosa.

Por otra parte, la composición química y la estructura física de las paredes celulares varían de forma impor-

tante entre materias primas, por lo que el efecto conjunto del nivel y tipo de fibra debe tenerse en cuenta en la formulación de piensos de conejos. Las recomendaciones actuales fijan unos niveles del 30 y 35% de FND en el período post-destete (25-39 días) y animales de cebo respectivamente (de Blas y Mateos, 1998; Gutiérrez et al., 2002). Esta fibra, en el caso particular de animales de cebo, se debe caracterizar además por un tamaño de partícula equilibrado, con el 25% de las mismas superiores a 0.3 mm para evitar la acumulación de digesta en el ciego y favorecer el reciclado de nitrógeno microbiano (Nicodemus et al., 1997). A diferencia de la fibra insoluble, apenas existen recomendaciones respecto al contenido en fibra soluble que deben incluir tanto los piensos de iniciación como los de cebo. Esto se debe en parte a la dificultad que entraña tanto su cuantificación como su caracterización. En este sentido, Gidenne (2003) hace una primera aproximación, sugiriendo un ratio fibra digestible/FAD >1,3 para evitar el incremento de la morbilidad y la mortalidad, considerando como fibra digestible la suma de hemicelulosas y pectinas, y niveles de FAD superiores al 15%.

Esta fracción soluble de la fibra y su relación con la insoluble puede ser de gran importancia en el caso particular del conejo debido a que el tiempo de fermentación es corto (10-12 horas) y a que se trata de la fracción más digestible de la fibra, lo que puede influir decisivamente sobre la microbiota tanto a nivel ileal como cecal (Carabaño et al., 2001; García et al. 2001).

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto del nivel de fibra soluble sobre los parámetros productivos y la digestibilidad de los nutrientes en dietas para gazapos destetados precozmente.

## Material y métodos

### Dietas.

Se formularon tres dietas isoenergéticas, isoproteicas, con el mismo contenido en almidón y fibra total, en las que se fue modificando la relación entre el porcentaje de fibra soluble respecto a la insoluble. Para tal fin se consideró una dieta de referencia con alfalfa como principal fuente de fibra (30% de Fibra Neutro Detergente (FND) y 9.3% de fibra soluble) y otras dos dietas, en las que se sustituyó la mitad de la alfalfa por una mezcla de pulpa de remolacha y pulpa de manzana en el primer caso y por cascarilla de avena en el segundo, obteniéndose un 11.7% y un 7.1% de fibra soluble, respectivamente. Respecto a la fuente de almidón, se empleó trigo cocido en combinación con los tres productos fibrosos mencionados. Todas las dietas se formularon para cumplir o exceder los requerimientos en nutrientes esenciales de conejos en crecimiento (De Blas y Mateos, 1998), se molieron con una criba de 4 mm de diámetro y se granularon (15X 3.5mm), sin incluir ningún tipo de antibiótico. Los ingredientes y la composición química se recogen en la Tabla 1. Para la determinación de la digestibilidad ileal, en las tres dietas experimentales descritas se sustituyó un 0.5% del heno de alfalfa por un heno de alfalfa marcado con Yb203 de acuerdo con el procedimiento descrito por García et al.(1999). En todos los experimentos el acceso de los animales a la dieta fue a voluntad y se suministró 200 ppm de sulfato de apramicina (Girolan soluble oral de Elanco) y 120 ppm de tilosina tartrato (Tailan de Elanco) en el agua.

### Animales y alojamiento

Para los distintos ensayos se emplearon gazapos blanco Neozelandés X Californiano destetados precozmente con 25 días de edad, sin realizar distinción entre sexos. Los animales fueron alojados individualmente en jaulas flat-deck de dimensiones 610X250X330 mm, excepto durante las pruebas de digestibilidad fecal, en las que se utilizaron jaulas de metabolismo de dimensiones 405X510X320 mm que permitían la separación de heces y orina. Durante todo el período experimental el programa de iluminación fue de 12 horas de luz y 12 de oscuridad; y se mantuvo la temperatura entre los 18°C de mínima y los 23°C de máxima. Los conejos se manejaron conforme a los principios de bienestar animal publicados en el Real Decreto Español 223/88.

### Ensayo de crecimiento

123 animales (41 por dieta) con un peso medio al destete de 485±67 g (media ± desviación estándar), fueron asignados a los tres piensos experimentales utilizando la camada como bloque. Las dietas experimentales se suministraron durante las dos semanas siguientes al destete, hasta los 39 días de edad, momento en el cual se sustituyeron por un pienso comercial de cebo (CUNIUNIC de Nanta, 16% PB y 34.5% FND). Se registró el consumo de pienso, la ganancia de peso y la mortalidad durante ambas fases, con controles realizados a los 25, 39 y 60 días de edad. Para la prueba de mortalidad, se utilizaron 72 animales más por tratamiento, en los que no se controló ni el consumo ni el crecimiento.

### Prueba de digestibilidad fecal

42 conejos (14 por dieta) con un peso medio en el momento del destete de 527±65 g, fueron asignados a las

tres dietas experimentales utilizando la camada como bloque. Posteriormente se les sometió a un período de adaptación al alimento de 7 días; el día 32 los animales comenzaron la fase experimental con un peso medio de  $830 \pm 17$  g. Se controló el consumo, el crecimiento y la producción de heces duras diaria (sin prevenir cecotrofia) durante tres días consecutivos. Las heces se almacenaron a  $-20^{\circ}\text{C}$  y, posteriormente, se desecaron en estufa a  $80^{\circ}\text{C}$  durante 48 horas, tras lo cual fueron molidas con una criba de 1mm. En las heces se determinó materia seca, energía bruta, fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y proteína bruta (PB.)

Tabla 1 Ingredientes y composición química de las dietas experimentales

Dietas	Cascarilla de avena	Alfalfa	Pulpas
<u>Ingrediente, % pienso</u>			
Trigo cocido	32.3	32.3	32.3
Salvado	8.4	8.4	8.4
Girasol 36	7.1	7.1	7.1
Soja 44	11.1	11.10	11.1
Concentrado de soja	2.0	0	0
Heno de alfalfa	13.9	28.3	13.9
Heno de alfalfa+Yb	0.5	0.5	0.5
Cascarilla de girasol	4.4	6.0	4.4
Cascarilla de avena	14.7	0	0
Pulpa de remolacha	0	2.3	15.0
Pulpa de manzana	0	0	5.0
Manteca	3.3	2.3	0.5
L-lys	0.45	0.40	0.45
DL-met	0.10	0.10	0.10
L-thr	0.15	0.10	0.15
CINa	0.50	0.60	0.40
CaO	0.60	0	0.20
Correctora	0.50	0.50	0.50
<u>Composición química, %MS</u>			
Materia seca	91.8	91.4	91.7
Cenizas	6.5	7.1	6.7
Energía Bruta (cal/g)	4569	4524	4479
Proteína Bruta	19.9	20.0	19.7
Almidón enzimático	20.8	21.1	20.5
Fibra Neutro Detergente	35.8	33.5	33.1
Fibra Ácido Detergente	16.2	16.4	16.9
Lignina Ácido Detergente	3.9	4.7	3.7
Fibra soluble <sup>1</sup>	7.9	10.3	13.1
ED kcal/kg MS	2965	3008	3121
PBd	15.9	15.4	15.6
<u>Valor nutritivo<sup>b</sup>, %MS</u>			
Azúcares	3.9	4.3	5.7
Lys	1.263	1.178	1.224
Met	0.410	0.411	0.401
Met+cys	0.731	0.723	0.701
Thr	0.853	0.789	0.835
Ca	0.676	0.689	0.679
P	0.454	0.478	0.445
Na	0.233	0.289	0.223

ED: Energía digestible, PBd: Proteína bruta digestible

a Composición en vitaminas y minerales (por kg): Mn, 8 ppm; Zn, 10 ppm; I, 0.25 ppm; Fe, 8 ppm; Cu, 5 ppm; Co, 0.1 ppm; colina, 50; riboflavina, 0.4 ppm; pantotenato cálcico, 1; ácido nicotínico, 3 pp; menadiona de bisulfito sódico, 0.2 ppm; vitamina E, 2,500 UI; tiamina, 200 mg; B12, 2 mg; vitamina A, 1,800,000 UI y vitamina D3, 360,000 UI/kg

<sup>b</sup> Valores calculados según FEDNA (1999)

<sup>1</sup> Valor calculado a través del análisis de las materias primas mediante el método de determinación de fibra soluble de Hall et al. (1998).

### Prueba de digestibilidad ileal

84 conejos (28 por dieta), con un peso medio en el momento del destete de  $535 \pm 79$  g, fueron asignados a las tres dietas experimentales, utilizando la camada como bloque, con objeto de determinar la digestibilidad ileal aparente de la materia seca, proteína bruta y almidón. Los animales fueron sometidos a un período de adaptación a la dieta de 10 días durante los cuales se controló el consumo y la ganancia de peso. Los animales con 35 días de edad y un peso medio de  $1034 \pm 137$  g, se sacrificaron mediante dislocación cervical entre las 19:00 y las 20:00 horas para evitar la influencia de la cecotrofia. Un fragmento de íleon de aproximadamente de 20 cm de longitud, medido a partir de la válvula ileo-cecal, fue retirado del aparato digestivo y su contenido vaciado, congelado en nieve carbónica y liofilizado para su posterior análisis. Debido a la pequeña cantidad de muestra obtenida, se mezcló el contenido ileal de varios animales pertenecientes a un mismo tratamiento y que cumplieren la condición de no ser hermanos. De esta forma se obtuvieron 7 réplicas por tratamiento en las que se determinó la digestibilidad ileal de la materia seca, proteína bruta y almidón, mediante la técnica de dilución en la que se utilizó yterbio como marcador. Para ello se analizó el contenido de tierra rara tanto en las dietas experimentales como en el contenido ileal. La fórmula utilizada para determinar la digestibilidad ileal aparente de la materia seca fue:

$$\text{Coef. dig. MS} = 1 - \frac{[\text{Yb}]_{\text{pienso}}}{[\text{Yb}]_{\text{ileon}}}$$

### Métodos analíticos

Se emplearon los procedimientos de la AOAC (1995) para la determinación de materia seca (930.15), proteína bruta (954.01) y almidón (método de la amiloglucosidasa-a-amilasa, 966.11). La fibra neutro detergente y la fibra ácido detergente fueron determinadas según el método secuencial de Van Soest et al. (1991), respecto a la determinación de fibra soluble se utilizó el método de Hall et al. (1998). La energía bruta se determinó mediante bomba adiabática calorimétrica (PARR 1356). La recuperación de Yterbio se realizó mediante el procedimiento descrito por García et al. (1999)

### Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza utilizando el procedimiento GLM del SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC). El efecto principal estudiado fue la fuente de fibra utilizada. En las pruebas de digestibilidad fecal y parámetros productivos se utilizó la camada como bloque, y en este último ensayo se introdujo además el peso al destete como covariable. La comparación entre medias se hizo mediante un test LSD protegido.

### Resultados y discusión

El efecto de la fuente de fibra sobre la digestibilidad fecal e ileal aparente de los nutrientes se recoge en las Tablas 2 y 3. El tipo de fibra afectó a la digestibilidad fecal de las dietas. La inclusión de materias primas con un mayor contenido en fibra soluble dio lugar a un incremento de la digestibilidad fecal de la Fibra Neutro Detergente (FND) de las dietas ( $P < 0.001$ ). Así la dieta con pulpa de remolacha y manzana dio los valores más altos y la de cascarilla de avena los más bajos (37.4 vs 26.1%, respectivamente). Estos resultados coinciden con ensayos previos donde se observa que la digestibilidad de las pulpas de remolacha y cítricos se sitúa en un 60%, mientras que las fibras más insolubles como la paja o la cascarilla de girasol entorno a 12% (Pérez de Ayala et al, 1991, Carabaño et al, 1997, García et al, 1999). La mejora en la digestibilidad de la fracción fibrosa de la dieta cuando se introducen fuentes de fibra más digestibles puede explicar la mejora observada en la digestibilidad de la materia seca y de la energía (entorno al 8%,  $P < 0.05$ ) en las dietas con pulpas frente a la dietas con cascarilla de avena. La dieta con alfalfa mostró una digestibilidad de la materia seca y de la energía intermedia, aunque las diferencias no llegaron a ser significativas ( $P > 0.05$ ). El tipo de fibra no afectó ( $P = 0.12$ ) a la digestibilidad fecal de proteína.

Tabla 2. Efecto de la fuente de fibra sobre la digestibilidad fecal aparente de los nutrientes

	Cascarilla de avena	Alfalfa	Pulpas	SEM <sup>1</sup>	P
Consumo de materia seca	83.3	77.6	78.1	2.88	0.103
% digestibilidad					
Materia seca	65.1 <sup>b</sup>	67.2 <sup>b</sup>	70.3 <sup>a</sup>	0.79	0.002
Energía	64.9 <sup>b</sup>	66.5 <sup>b</sup>	69.7 <sup>a</sup>	0.77	0.003
Proteína Bruta	80.1	77.1	79.3	0.84	0.118
Fibra Neutro Detergente	26.1 <sup>c</sup>	31.2 <sup>b</sup>	37.4 <sup>a</sup>	1.46	0.001
Fibra Ácido Detergente	12.3 <sup>b</sup>	14.2 <sup>b</sup>	26.2 <sup>a</sup>	1.83	0.001

a,b,c Medias en la misma línea con distintos superíndices difieren con  $P < 0.05$  <sup>1</sup>n=14

Tabla 3. Efecto de la fuente de fibra sobre la digestibilidad ileal de los nutrientes (%)

	Cascarilla de avena	Alfalfa	Pulpas	SEM <sup>1</sup>	P
Materia seca	46.8	44.8	48.7	1.91	0.372
Proteína Bruta	66.9	59.8	57.0	2.94	0.074
Almidón	93.3 <sup>b</sup>	94.8 <sup>b</sup>	96.8 <sup>a</sup>	0.58	0.002

a,b Medias en la misma línea con distintos superíndices difieren con P<0.05

<sup>1</sup>n=7

La digestibilidad ileal de la materia seca y de la proteína no se vieron afectadas ( $P > 0.05$ ) por la fuente de fibra, aunque la dieta de cascarilla de avena tendió ( $P = 0.07$ ) a dar los valores más altos de digestibilidad del nitrógeno. Este efecto no parece explicarse por el tipo de fibra utilizada en la dieta sino por la inclusión en la misma de un concentrado de soja. Aunque la fuente de almidón fue igual en las dietas experimentales (trigo cocido y salvado de trigo), la fuente de fibra afectó a la digestibilidad ileal del almidón ( $P = 0.02$ ). Las dietas con pulpas mostraron la digestibilidad más alta y las de cascarilla de avena las menores (96.8 vs 93.3%, respectivamente). La dieta con alfalfa dio resultados intermedios, aunque no significativamente distintos de los de la dieta con cascarilla de avena. Estos resultados podrían explicarse por la diferente estructura física de las fuentes de fibra utilizadas y su efecto en la estructura de la mucosa intestinal. Knehans y O'Dell (1980) observaron en cerdos, que la fibra dietética puede ejercer un daño físico sobre la mucosa dependiendo de su grado de hidrólisis. Por otra parte Chiou et al. (1994) observó daños similares en conejos cuando se utilizaban dietas suplementadas con lignina pero no cuando se utilizaban pectinas. La cascarilla de avena, con un bajo contenido de fibra soluble, podría estar ejerciendo un efecto erosivo sobre las paredes de la mucosa, reduciendo la altura de los villi, en cuya parte apical se sintetizan las enzimas encargadas de la hidrólisis del almidón. García et al (1997) observó que la utilización de fuentes de fibra muy lignificadas o insolubles reduce la actividad enzimática de las disacaridasas intestinales. Esta situación haría que un mayor flujo de almidón alcanzase el íleon terminal y pasase al ciego, donde podría ser utilizado por la microbiota como sustrato energético, dando lugar a la proliferación de flora patógena. Esto explicaría además la elevada mortalidad encontrada en esta dieta (Tabla 5).

El efecto del tipo de fibra sobre los parámetros de crecimiento y mortalidad en el periodo de cebo se muestra en las tablas 4 y 5. En el período en el que se alimentó a los animales con las dietas experimentales, de 25 a 39 días de edad, no se observaron diferencias entre tratamientos en la velocidad de crecimiento, obteniéndose como media un valor de 41.5 g/d. Los animales alimentados con las dietas de pulpa y alfalfa mostraron las mejores eficacias alimenticias (0.611 g/g de media), mientras aquellos alimentados con la dieta de cascarilla de avena mostraron una eficacia alimenticia menor (0.554 g/g). Este efecto podría explicarse por el mayor consumo del pienso con cascarilla de avena respecto a los otros dos (un 14%,  $P < 0.05$ ). Las diferencias observadas en el primer periodo se diluyeron al considerar el periodo global de cebo.

Tabla 4. Efecto de la dieta sobre los parámetros productivos durante el período de cebo

	Cascarilla de avena	Alfalfa	Pulpas	SEM <sup>1</sup>	P
<u>Período 25-39 (dietas experimentales)</u>					
GMD, g	42.3	39.9	43.4	1.58	0.31
CMD, g	76.9 <sup>a</sup>	65.9 <sup>b</sup>	70.0a <sup>b</sup>	2.45	0.013
EA, g/g	0.554 <sup>b</sup>	0.605 <sup>a</sup>	0.618 <sup>a</sup>	0.012	0.001
<u>Período 39-60 días (pienso comercial)</u>					
Peso a 60 días, g	2069	2018	2064	27.5	0.62
GMD, g	47.9	47.8	46.3	0.72	0.24
CMD, g	151.5	152.5	147.4	2.26	0.27
EA, g/g	0.318	0.315	0.314	0.0039	0.76
<u>Período 25-60 días</u>					
GMD, g	45.7	44.7	45.2	0.70	0.62
CMD, g	121.7	117.9	116.5	1.95	0.18
EA, g/g	0.377	0.380	0.388	0.003	0.074

a,b Medias en la misma línea con distintos superíndices difieren con P<0.05

GMD: Ganancia media diaria. CMD: Consumo medio diario. EA: Eficacia alimenticia

<sup>1</sup>n=35

Tabla 5. Efecto de la fuente de fibra sobre la mortalidad (%)

	Cascarilla de avena	Alfalfa	Pulpas	SEM <sup>1</sup>	P
Período de 25-39 días	10.2	6.8	0.9	2.39	0.202
Período total	14.4 <sup>a</sup>	8.5 <sup>ab</sup>	5.3 <sup>b</sup>	2.70	0.05

a,b Medias en la misma línea con distintos superíndices difieren con  $P < 0.05$

<sup>1</sup>n=118

El tipo de fibra afectó a la mortalidad en el periodo global del cebo ( $P < 0.05$ ). La menor mortalidad se observó para los animales que consumían la dieta con pulpas mientras que la mayor se obtuvo para la dieta con cascarilla de avena (5.3 vs 14.4 %). Como ya se mencionó anteriormente esta mortalidad parece estar más relacionada con las diferencias observadas en la digestibilidad ileal del almidón que con un exceso de fibra soluble como sugieren las recomendaciones de Gidenne (2003).

En conclusión, el incremento de fibra soluble en las dietas de gazapos destetados precozmente mejora la eficacia alimenticia en el periodo de cebo y reduce la mortalidad.

#### Bibliografía

- AOAC. 1995. Official Methods of Análisis (16th ed.) Association of Official Analytical Chemist, Arlington, V.A.
- De BLAS, C., GARCÍA, J., CARABAÑO, R. (1999). Role of fibre in rabbit diets. A review. *Ann. Zootech.* 48: 3-13.
- De BLAS, J.C., G.G. MATEOS. 1998. Feed formulation. In: J.C. De Blas, and J. Wiseman (Eds) *The nutrition of the rabbit*. Pp 241-253. Commonwealth Agricultural Bureau, Wallingford, UK.
- CARABAÑO, R., MOTTA-FERREIRA, W., De BLAS, J.C., FRAGA, M.J. (1997). Substitution of sugar beet pulp for alfalfa hay in diets for growing rabbits. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 65: 249-256.
- CARABAÑO, R., GARCÍA, J., De BLAS, C. (2001). Effect of fibre source on ileal apparent digestibility of non-starch polysaccharides in rabbits. *Anim. Sci.* 72: 343-350.
- CHIOU, P.W.S., YU, B., LIN, C. (1994). Effect of different components of dietary fiber on intestinal morphology of domestic rabbits. *Comp. Biochem Physiol.* 108A: 262-638.
- FEDNA, 1999. Normas FEDNA para la formulación de piensos compuestos. De Blas, J.C., García-Rebollar, P., Mateos, G.G. (Eds). FEDNA, Madrid, España.
- GARCÍA, A.I., GARCÍA, J., De BLAS, J.C., PIQUER, J., CARABAÑO, R. (1997). Efecto de la fuente de fibra sobre la actividad enzimática de la amilasa pancreática y las sacarosas en yeyuno e ileon. *ITEA* 18: 187-189.
- GARCÍA, J., CARABAÑO, R., De BLAS, J.C. (1999). Effect of fiber source on cell wall digestibility and rate of passage in rabbits. *J. Anim. Sci.* 77: 898-905.
- GARCÍA, J., GIDENNE, T., FALCAO-E-CUNHA, L., De BLAS, J.C. (2001). Activité fermentaire caecale du lapin: identification de quelques bacteres de contrôle. In: Bolet, G. (Ed), 9ème J. Rech. Cunicoles Fr., 28-29 November 2001. ITAVI, Paris, pp. 61-64.
- GIDENNE, T. (2000). Recent advances in rabbit nutrition: emphasis of fibre requirements. A review. *World Rabbit Science*, vol. 8(1), 23-32.
- GIDENNE, T. (2003) Fibres in rabbit feeding for digestive troubles prevention: respective role of low-digested and digestible fibre. *Review. Livest. Product. Sci.* 81: 105-117.
- GUTIÉRREZ, I., ESPINOSA, A., GARCÍA, J., CARABAÑO, R., De BLAS, J.C. (2002). Effect of levels of starch, fiber, and lactose on digestion and growth performance of early-weaned rabbits. *J. Anim. Sci.* 80: 1029-1037.
- HALL, M.B., PELL, A.N., CHASE, L.E. (1998). Characteristics of neutral detergent-soluble fibre fermentation by mixed ruminal microbes. *Anim. Feed Sci. Technol.* 70: 23-39.
- KNEHANS, A.W., O'DELL, D.L. (1980). Intestinal microflora in the guinea pigs observed by scanning electron microscopy. Effect of fibrous dietary supplement. *J. Nutr.* 110: 1534-1554.
- NICODEMUS, N., GARCÍA, J., CARABAÑO, R., MÉNDEZ, J., De BLAS, J.C. (1997). Efecto del tamaño de partícula sobre la digestión en conejos, *ITEA* 18: 184-186.
- PÉREZ DE AYALA, P., FRAGA, M.J., CARABAÑO, R., De BLAS, J.C. (1991). Effect of fiber source on diet digestibility and growth

in fattening rabbits. *J. Appl. Rabbit. Res.* 14: 159-165.

REAL DECRETO 223/88. 1988. Sobre protección de los animales utilizados para experimentación y otros fines científicos. *Boletín Oficial del Estado* 67:8509-8511.

SAS. 1993. *SAS/STAT, User's Guide* (Release 6.08). SAS Inst. Inc., Cary, NC.

VAN SOEST, J.P., ROBERTSON, B. A., LEWIS. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.