

***Título: “ESTUDIO PARA LA MEJORA
DEL RENDIMIENTO DE LA CANAL
EN CONEJOS DE ENGORDE EN EL
MOMENTO DEL SACRIFICIO”***

Autor: Rubén Crespo Sancho

Fecha: 30 Octubre 2013

AGRADECIMIENTOS

Agradecer al Instituto Agronómico del Mediterráneo de Zaragoza por darme la oportunidad de estudiar este máster de especialización en Nutrición Animal, y por los conocimientos impartidos por todos los profesores que nos instruyeron a lo largo del curso. También por los compañeros que he conocido durante esta buena experiencia.

Expresar mi total gratitud a mi tutora, Nuria Nicodemus, por su paciencia, apoyo, y sus comentarios tan constructivos e importantes a lo largo de este trabajo. Su amplio conocimiento y su profesionalidad han sido de gran valor para mí.

Por supuesto nada de esto hubiera sido posible sin el incondicional apoyo de mis padres, Carlos y Ana a los que estoy especialmente agradecido. Así como también del resto de mis familiares.

Agradecer a todos mis amigos y personas cercanas sus ánimos y los buenos momentos que me dan. Sobre todo a Mildred, Juan David, Raimon, Fran, Arnaiz, Álvaro, Rodrigo, Jesús y Raquel.

También agradecer al Departamento de Nutrición Animal de la Universidad Politécnica de Madrid, y la gente que allí trabaja por su ayuda en este trabajo

Finalmente agradecer al Poultry Research Center de Nutreco S.A. por permitirme realizar este trabajo en sus instalaciones y por darme la oportunidad de seguir desarrollando mi aprendizaje como profesional, ahora que ha finalizado esta etapa de mi vida. También a todos los trabajadores del centro, que hacen tan buena labor y que tanto me han facilitado las cosas. Especialmente, agradecer a Clara, Erika, Endika, Cristina, Ana, Jano, Álvaro.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue estudiar diferentes estrategias nutricionales para mejorar el rendimiento de la canal de los conejos en crecimiento. Para ello se realizaron dos ensayos en los que el objetivo principal era conseguir reducir el contenido digestivo de los animales para así, mejorar el rendimiento de la canal, y estudiar su influencia sobre los parámetros productivos, la composición de la canal y el balance energético y de nitrógeno durante el cebo.

En el primer ensayo se realizaron dos experimentos:

- a) Experimento 1: el objetivo de este experimento fue comparar la inclusión de un complejo enzimático de origen fúngico (actividad de 100 XU/g pentosanasa, 40 CMC/g de celulasa, 30 FAU/g amilasa, 100 XU/g de xilanas, 700 HUT/g de proteasa, 4000 AJDU/g de pectinasa y 200 BGU/g de β -glucanasa) en el pienso de cebo a distintas dosis (0, 100, 200, 400 y 800 ppm), sobre los parámetros productivos, las características de la canal y el balance de nitrógeno y energía de los gazapos en crecimiento. Se utilizaron 360 gazapos destetados a los 34 días de edad, alojados en jaulas individuales y asignados aleatoriamente en cinco tratamientos. Se formuló un pienso basal (PB: 15,8 %; Almidón: 16 %; FND: 31,6 %; EB: 4319 Kcal/kg), al que se suplementó con las distintas dosis del complejo enzimático. Se controló el consumo y el peso de los animales desde los 34 a los 48 días de edad y desde los 49 a los 60 días. En 11 gazapos por tratamiento, se estimó la composición corporal mediante la técnica de Impedancia Bioeléctrica a los 34 y 60 días de edad para estimar el balance de nitrógeno. Al final del cebo, 24 gazapos por tratamiento fueron sacrificados y se midió el peso de la canal, de todo el tracto digestivo, del estómago lleno, del estómago vacío y del ciego lleno. Entre los días 53 y 57 días de vida, se realizó una prueba de digestibilidad (MS, MO, PB, EE, FND; n=11), excepto para la dosis de 100 ppm. En el primer periodo del cebo (34-48 d), la suplementación enzimática mejoró linealmente ($P<0,05$) el índice de conversión (IC), sin afectar el consumo (CMD) o el crecimiento (GMD). En el segundo periodo (49-60 d), tanto el índice de conversión (IC) como la GMD, variaron cuadráticamente ($P<0,05$) con la suplementación enzimática, siendo el nivel óptimo para ambos: 400 ppm/kg. La digestibilidad de la MS, MO, EB y EE empeoraron linealmente ($P<0,05$) y el peso del aparato digestivo (% PV) aumentó linealmente ($P<0,05$) al aumentar la dosis de inclusión del complejo enzimático, sin afectar al rendimiento a la canal, que fue de media 57,78 %. Las enzimas no tuvieron efecto sobre el balance de nitrógeno ni de energía, excepto para la excreción de EB en heces ($P<0,05$) que incrementó con la dosis, por la peor digestibilidad de la EB. Ni la composición corporal de los gazapos *in vivo* a los 60 días de edad, ni la composición de las canales se vieron afectadas ($P>0,05$) por el nivel de suplementación del complejo enzimático.
- b) Experimento 2: el objetivo fue comparar el efecto de la suplementación del complejo enzimático en dos piensos con distintos niveles de energía digestible (ED) y de proteína digestible (PD) sobre los rendimientos productivos, las características de la canal y el balance del nitrógeno y energético de gazapos en crecimiento. Para ello, se utilizó el mismo complejo enzimático a tres dosis (0, 100 y 200 ppm) y se formularon dos piensos basales distintos (Pienso A: PD: 11,9% MS; almidón: 17,7% MS; FND: 35,6% MS; ED: 10,5 MJ/kg MS y Pienso B: PD: 10,7% MS; almidón: 17,5% MS; FND: 37,4% MS; ED: 9,79 MJ/kg MS). Se utilizaron un total de 240 gazapos destetados a 34 días, que fueron alojados en jaulas individuales. Se controlaron los mismos parámetros que en la prueba anterior. La prueba de digestibilidad (entre los días 53 y 57 de vida), se realizó en los dos piensos (A y B) pero sólo para las dosis 0 y 200 ppm. La adición de enzimas no afectó a la digestibilidad ni a ninguno de los parámetros productivos estudiados durante el cebo. El pienso B empeoró ($P<0,01$) la digestibilidad de la MS, MO, FND y EB con respecto al Pienso A (un 5,98; 5,66; 4,91 y 22,59%, respectivamente). El consumo de nitrógeno digestible (ND_i) y ED fueron menores para el Pienso B que para el A (un 10% y 7%, respectivamente; $P<0,01$). Este menor

consumo de ND en los animales del pienso B, dio lugar a que a pesar de que presentaron una mayor eficacia de retención del ND con respecto a los del pienso A (43 vs 40%; $P<0,05$), la retención de ND en la canal fuera un 3% menor ($P<0,05$) y la excreción de nitrógeno en la orina ($P<0,05$) y en las heces ($P=0,062$) fueran también un 18,6 y un 6,4 %, respectivamente, más bajas. El consumo de ED (34,7 vs 32,3 MJ; $P<0,05$), la EB retenida (221 vs 208 KJ/ kg^{0,75} y día; $P<0,05$) y la EB excretada en orina (21 vs 19,4 MJ; $P<0,05$) fueron menores en el Pienso B que en el A, y la EB en heces mayor (24,9 vs 26,5 MJ; $P<0,05$). La menor retención de N y de EB del Pienso B, dio lugar a un menor peso a 48 los días de edad de los gazapos (1650 g vs 1622 g; $P<0,05$), debido a una menor GMD en el primer periodo de cebo (3,4%, $P=0,057$), aunque en el segundo periodo de cebo y en el peso final no hubo diferencias significativas. El consumo de pienso durante el cebo fue un 2,92% mayor en el Pienso B, por tanto el IC empeoró (2,52 vs 2,63; $P<0,05$). El tipo de pienso no afectó al rendimiento canal, aunque los gazapos del Pienso B tuvieron mayor peso del aparato digestivo y del estómago lleno y vacío ($P<0,05$). La composición química tanto in vivo como de la canal se vieron afectadas por el tipo de pienso ($P<0,05$). *In vivo*, el contenido de las cenizas (% MS), y de la EB (% MS), fueron un 4,15% y un 1,76% ($P<0,05$), respectivamente, mayores para el Pienso A. Y sobre la canal, el Pienso A presentó un mayor contenido de EE (%MS) y mayor incremento relativo de PB, EB, EE y cenizas ($P<0,05$), y sobre la EB (%MS) ($P=0,07$).

En el segundo ensayo el objetivo fue estudiar el efecto de la inclusión de distintos niveles de lignina ácido detergente (LAD) (Bajo (B): 5% MS; Medio (M): 6% MS y Alto (A): 7% MS) y de distintas fuentes de lignina (Arbocel® (A) vs granilla desengrasada de uva (G)) sobre los parámetros productivos, las características de la canal y el balance de nitrógeno y energético de gazapos en crecimiento. Para ello se utilizaron 936 gazapos, 216 fueron destetados a los 34 días de edad y alojados en jaulas individuales, y los 720 restantes se destetaron a los 35 días de edad, y se alojaron en jaulas polivalentes (5 gazapos/jaula). Se formularon cinco piensos distintos: un pienso control para ambas fuentes (**AB** y **GB**: ED: 2616 Kcal/Kg MS; PD: 12,0% MS; FND: 36,4% MS; FAD: 21,3% MS; LAD: 4,78% MS; Almidón: 15,5% MS), dos piensos con un nivel medio para cada fuente (**AM** (ED: 2537 Kcal/Kg MS; PD: 11,1% MS; FND: 37,8% MS; FAD: 23,8% MS; LAD: 5,87% MS; Almidón: 15,1% MS) y **GM** (ED: 2586 Kcal/Kg MS; PD: 11,4% MS; FND: 36,2% MS; FAD: 21,8% MS; LAD: 6,03% MS; Almidón: 15,5% MS)) y otros dos piensos con un nivel alto para cada fuente (**AA** (ED: 2555 Kcal/Kg MS; PD: 11,7% MS; FND: 37,7% MS; FAD: 23,9% MS; LAD: 6,23% MS; Almidón: 14,5% MS) y **GA** (ED: 2603 Kcal/Kg MS; PD: 11,1 % MS; FND: 35,4% MS; FAD: 22,0% MS; LAD: 6,72% MS; Almidón: 15,8% MS)). En el cebo colectivo, se controló el peso y el consumo de cada jaula al inicio y al final del cebo (35 y 61 días de edad), y el índice de conversión y la mortalidad diaria. En el cebo individual se controló el consumo medio diario y el peso en dos periodos, de 34 a 48 días y de 49 a 60 días de vida, así como el índice de conversión y la mortalidad diaria durante el cebo. En 11 gazapos por tratamiento, se estimó la composición corporal mediante la técnica de Impedancia Bioeléctrica a los 34 y 60 días de edad para estimar el balance de nitrógeno y de energía. Al final del cebo, 24 gazapos por tratamiento fueron sacrificados y se midió el peso de la canal, de todo el tracto digestivo, del estómago lleno, del estómago vacío y del ciego lleno. Entre los días 53 y 57 días de vida, se realizó una prueba de digestibilidad (MS, MO, PB, EE, FND; n=11). En el cebo colectivo el nivel más alto de lignina afectó al IC, respecto a los otros dos niveles (2,66 de media Vs 2,70 g/g, $P<0,05$), sin que variase la ingesta (139 g/d) ni el crecimiento (52,2 g/d). En el cebo individual el nivel de lignina no tuvo efecto significativo sobre los parámetros productivos. El peso del aparato digestivo (%PV) disminuyó con los niveles medio y alto de lignina, con respecto al control (17,4 de media vs 17,9%; $P=0,052$) sin afectar al rendimiento a la canal (58,2 % de media). La digestibilidad aparente de la MS, MO y EB del pienso con el nivel más bajo de LAD fue mayor con respecto a la media de los otros dos: MS (58,4 vs 56,8%), MO (60,2 vs 58,7 %), EB (60,3 vs 58,9 %). La digestibilidad aparente de la PB del nivel medio fue menor que la del nivel más bajo (70,8 vs 73,2%; $P<0,05$) y el pienso con el nivel alto de LAD presentó un valor intermedio (71,5%). La digestibilidad del EE aumentó

con el nivel de inclusión de LAD (85,0; 86,1; 88,2 %, respectivamente). Los animales del nivel alto y medio de LAD, consumieron menos ND que los del nivel más bajo de LAD (80,5 vs 73,6 g ND/kg pienso, de media; $P<0,05$), y mejoraron la eficacia de retención (0,33 vs 0,35%, de media; $P<0,05$), por lo que el N retenido en todos los niveles de LAD fue similar (0,667 g N/kg PV^{0,75}). La excreción de N en orina fue menor para los dos niveles más altos de lignina (25,2 de media vs 23,2 g N/ Kg PV^{0,75}). Por el contrario la excreción de EB en heces en estos dos piensos aumentó (+2,88%), con respecto al nivel de LAD más bajo. La inclusión de Arbocel[®] como fuente de LAD empeoró el IC en el cebo individual (2,56 vs 2,52 g/g; $P<0,05$), así como en el colectivo (+1,42%, $P<0,05$). El Arbocel[®] empeoró la digestibilidad de MO, respecto a la granilla desengrasada de uva (58,9 vs 59,7%; $P<0,05$) y el consumo de ND (73,9 vs 77,75 g ND/kg pienso; $P<0,05$). Sin embargo, la eficacia de utilización del N fue mayor (0,35 vs 0,33; $P<0,05$), por lo que el N retenido no varió entre las dos fuentes utilizadas (0,667 g N/ kg PV^{0,75}). Los gazapos que consumieron el pienso con Arbocel[®] excretaron menos N en orina (23,21 vs 25,22 g N/ Kg PV^{0,75}). La composición química de los animales tanto *in vivo*, como de la canal, no se vieron afectadas ni por la fuente ni por el nivel de LAD del pienso.

De los resultados de este trabajo se puede concluir que el suministro del complejo enzimático en los piensos de gazapos en crecimiento no mejoró la digestibilidad, la excreción de nitrógeno al medio, ni redujo el peso del aparato digestivo, aunque no tuvo un efecto negativo sobre el rendimiento de la canal. La utilización de enzimas mejoró el índice de conversión en la primera etapa del cebo, por lo que su uso sería recomendable en animales jóvenes tras el destete. En las condiciones de este estudio, la adición de enzimas a un pienso menos digestible, tampoco mejoró la eficacia de utilización de los nutrientes, ni tuvieron efecto sobre rendimiento de la canal. La inclusión de niveles de LAD por encima de un 5% en piensos isoenergéticos, disminuyó el peso del aparato digestivo aunque este efecto no se vio reflejado en una mejora del rendimiento de la canal. El Arbocel[®] empeoró el IC sin afectar al crecimiento.

Abstract

The aim of this work was to study different nutritional strategies to improve the performance of the carcass yield in growing rabbits. In the two designed trials the main objective was to reduce the animals' digestive content to improve carcass yield and study its influence on performance, carcass composition and energy and nitrogen balance during the growing period.

In the first trial two experiments were performed:

- a) Experiment 1: The purpose of this experiment was to compare the inclusion of a fungal enzyme complex (activity of 100 XU/g pentosanase, 40 CMC/ g of cellulase, 30 FAU/g amylase, 100 XU/g of xylanase, 700 HUT/g protease, 4000 AJDU/g of pectinase and 200 BGU/g of β -glucanase) in the feed at different doses (0 , 100, 200 , 400 and 800 ppm), on productive parameters , carcass characteristics and nitrogen and energy balance in growing rabbits. 360 rabbits weaned at 34 days of age were used. They were housed in individual cages and randomly assigned to five treatments. A basal feed was formulated (CP: 15.8 %; Starch: 16%, NDF: 31.6 % , CE: 4319 Kcal/kg), and supplemented with different doses of the enzyme complex. Feed intake and animal weight (from 34 to 48 days of age and from 49 to 60 days) were controlled. In 11 rabbits per treatment, body composition was estimated by Bioelectrical impedance technique (BIA) at 34 and 60 days of age to estimate the nitrogen balance. At the end of the trial, 24 rabbits per treatment were sacrificed and the carcass weight, the entire digestive tract, the stomach full and empty and the caecum were weighted. Between days 53 and 57 of life, a digestibility trial was done (for DM, OM, CP, EE, NDF; n=11), except for the 100 ppm dose. During the first period (34-48 d) enzyme supplementation improved the feed conversion rate (FCR) linearly ($P < 0.05$), without affecting feed intake (DFI) or growth (DWG). In the second period (49-60 d), both FCR and DWG varied quadratically ($P < 0.05$) with enzyme supplementation, being the optimum level for both: 400 ppm / kg. The digestibility of DM, OM, EE and CE decreased linearly ($P < 0.05$) and the weight of the digestive tract (% BW) increased linearly ($P < 0.05$) when increasing the dose of the enzyme complex, without affecting the carcass yield, which was 57.8 %, on average. Enzymes had no effect on nitrogen and energy balance, except on CE excretion in feces ($P < 0.05$) which increased with the dose because of the worse CE digestibility. Neither body composition *in vivo* of rabbits at 60 days of age, nor carcass composition were affected ($P > 0.05$) by the level of the enzyme complex supplementation.
- b) Experiment 2: The objective was to compare the effect of supplementation with the same enzyme complex in two feeds with different levels of digestible energy (DE) and digestible protein (DP) on growth performance, carcass characteristics and nitrogen and energy balance in growing rabbits. Three doses (0, 100 and 200 ppm) of the same enzyme complex were added to two different basal diets (Diet A: DP: 11.9% DM; starch: 17.7% DM; NDF 35.6 % DM, ED: 10.5 MJ/kg DM and Diet B: DP: 10.7 % DM, starch: 17.5 % DM, NDF: 37.4 % DM, DE: 9.79 MJ/kg DM). Therefore a total of 240 rabbits were weaned at 34 days and housed in individual cages. The parameters measured were the same as in the previous experiment. The digestibility trial (between days 53 and 57 of life) was performed on both diets (A and B) but only to the 0 and 200 ppm doses.

The addition of enzymes did not affect the digestibility or any other production parameters studied for the growing period. Diet B decreased ($P < 0.01$) the digestibility of DM, OM, NDF and CE with respect Diet A (5.98, 5.66, 4.91 and 22.59%, respectively). Digestible nitrogen (DN_i) and DE intake were lower for Diet B than Diet A (10% and 7 % respectively, $P < 0.01$). The lower ND intake of animals fed with Diet B gave a lower ND in carcass (3%; $P < 0.05$) and a reduction of the nitrogen excreted in urine (18.6 %; $P < 0.05$) and in feces (6.4 %; $P = 0.062$). DE intake (34.7 vs. 32.3 MJ, $P < 0.05$), CE retained (221 vs. 208 kJ/KG^{0.75} day, $P < 0.05$) and CE excreted in urine (21 MJ vs. 19.4, $P < 0.05$) were lower for Diet B than for Diet A. Diet A showed a higher CE in feces (24.9 vs. 26.5 MJ, $P < 0.05$). The lower retention of N and CE of Diet B, resulted in a lower weight at 48 days of age (1650 g vs. 1622 g, $P < 0.05$), due to a lower DWG in the first period (3.4 % lower than Diet A; $P = 0.057$), although second fattening period and final weight did not differ significantly. Feed intake during the whole growing period was 2.92 % higher for Diet B, so FCR increased ((2.52 vs. 2.63, $P < 0.05$)). the type of diet did not affect carcass yield, although the rabbits of Diet B had heavier digestive tract and full and empty stomach ($P < 0.05$). *In vivo* and carcass chemical composition were affected by the diet ($P < 0.05$). *In vivo*, ash content (% DM), and CE (% DM) were 4.15% and 1.76% ($P < 0.05$) respectively higher for Diet A. In carcass, Diet A showed a higher EE content (% DM) and higher relative increase of CP, CE, EE, ashes ($P < 0.05$), and CEB (% DM) ($P = 0.07$).

In the second trial, the aim was to study the effect of including different levels of acid detergent lignin (ADL) (Low (L): 5% DM, Medium (M): 6% DM and High (H): 7% DM) and different sources of lignin (Arbocel® (A) vs. defatted grape meal (G)) on performance , carcass characteristics and nitrogen and energy balance in growing rabbits . To do this 936 rabbits were used, 216 were weaned at 34 days of age and housed in individual cages, and the remaining 720 were weaned at 35 days of age and housed in collective cages (5 rabbits /cage). Five different feeds were formulated: one control diet for both sources (AL and GL: DE: 2616 Kcal/Kg DM, DP: 12.0 % DM, NDF : 36.4 % DM; ADF: 21.3 % DM; ADL: 4.78 % DM; Starch: 15.5 % DM), two diets with an average level for each source (AM (DE: 2537 Kcal / Kg DM, DP: 11.1 % DM , NDF : 37.8 % DM; ADF: 23.8 % DM ; ADL: 5.87% DM; Starch: 15.1 % DM) and GM (DE: 2586 Kcal / Kg DM, DP: 11.4 % DM , NDF: 36.2 % DM; ADF: 21.8 % DM; ADL: 6.03% DM; Starch: 15.5 % DM)) and other two diets with a high level for each source (AH (DE: 2555 Kcal / kg DM; DP : 11.7 % DM, NDF: 37.7 % DM; ADF: 23.9 % DM; ADL: 6.23% DM; Starch: 14.5 % DM) and GH (ED: 2603 Kcal / Kg DM, DP: 11.1 % DM, NDF: 35.4 % DM ;ADF: 22.0 % DM; ADL: 6.72 % DM; Starch: 15.8 % DM)). In rabbits housed in collective cages, weight and intake were measured at the beginning and at the end of the growing period (35 and 61 days of age), and also the feed conversion ratio (FCR) and the daily mortality. For rabbits housed in individual cages average daily intake and weight were controlled in two periods from 34-48 days, and 49-60 days of life, as well as the FCR and daily mortality during growing period. In 11 rabbits per treatment, body composition was estimated by Bioelectrical impedance technique at 34 and 60 days of age to estimate the nitrogen and energy balance. At the end of the trial, 24 rabbits per treatment were sacrificed and the carcass weight, the entire digestive tract, the full and the empty stomach and full caecum were measured. Between days 53 and 57 of life a digestibility trial was done (DM, OM, CP, EE, NDF, n = 11). For rabbits in collective cages, the highest level of lignin affected the FCR compared with the other two levels (2.66 on average vs. 2.70 g/g average, $P < 0.05$)

without affecting daily feed intake (139 g/d) or growth (52.2 g/d). The digestive tract weight (%BW) decreased with medium and high levels of lignin, compared with the control one (17.4 on average vs. 17.9 %; $P = 0.052$) but carcass yield was not affected (58.2 % on average). The apparent feed digestibility of DM, OM and CE with the lowest level of ADL was higher compared to the average of the other two: DM (58.4 vs. 56.8%), OM (60.2 vs. 58.7%), and CE (60.3 vs. 58.9%). Apparent digestibility of PB for the medium level was lower than the low level (70.8 vs. 73.2 %, $P < 0.05$) while the diet with the highest level of ALD showed an intermediate value (71.5%). EE digestibility increased with level inclusion of ADL (85.0, 86.1, and 88.2 %, respectively). The animals who intook high and medium levels of ADL consumed less ND than the low level (80.5 vs. 73.6 g ND/kg feed, on average, $P < 0.05$), and improved the retention efficacy (0.33 vs. 0.35%, on average, $P < 0.05$), so the N retained in all HDL levels was similar (0.667 g N / kg $PV^{0.75}$). N excretion in urine was lower for levels M and H of lignin (average of 25.2 vs. 23.2 g N/kg $PV^{0.75}$). Otherwise the CE excretion in feces increased in these two diets (+2.88 %) compared with the low level of ADL. Arbocel®, inclusion of ADL source increase FCR during the growing period in individual cages (2.56 vs. 2.52 g/g, $P < 0.05$) as well as in group cages (+1.42 %, $P < 0.05$). The Arbocel® OM digestibility was worse than defatted grape meal (58.9 vs. 59.7 %, $P < 0.05$) and also the ND intake decreased (ND 73.9 vs. 77.75 g/kg feed $P < 0.05$). However, the N retention efficiency was higher (0.35 vs. 0.33, $P < 0.05$) for diets with Arbocel®, so N retained did not differ between the two sources used (0.667 g N / kg $PV^{0.75}$). Rabbits that consumed the diets with Arbocel® excreted less N in urine (23.21 vs. 25.22 g N/ kg $PV^{0.75}$). The chemical composition of the animals both *in vivo*, and in carcass were not affected neither by the source nor by the level of feed LAD.

From these results it can be concluded that the supplementation with this enzyme complex for growing rabbits did not improve digestibility, nitrogen balance or reduce the weight of the digestive tract, and had no effect on the carcass yield. The use of enzymes improved the feed conversion rate in the first period, so its use would be interesting in animals after weaning. Under the conditions of this study, the addition of enzymes to a worse nutritional value feed, neither improved the N balance, nor the carcass yield. Including ADL levels above 5% in isoenergetic diets decreased gastrointestinal weight although this effect was not reflected in carcass yield. Arbocel® worsened the FCR without affecting the growth.

Résumé

L'objectif général de cette thèse de master était d'étudier l'influence de diverses stratégies nutritionnelles pour améliorer le rendement de carcasse des lapins en croissance. Deux expériences ont été effectuées qu'ont pour objectif principal, réduire le contenu de tube digestive, améliorer le rendement de carcasse et d'étudier leur influence sur les paramètres productif, la composition de la carcasse et la balance nitro-energetique pendant la phase d'engraissement.

Dans le premier essai deux expériences ont été réalisées:

- a) Le but de cette expérience était de comparer l'inclusion d'un complexe enzyme fongique (activité de 100 XU / g pentosanase , 40 CMC / g cellulase, 30 FAU / g amylase , 100 XU / g de xylanase , 700 HUT / g protéase , 4000 AJDU / g de pectinase et 200 BGU / g de β -glucanase) dans l'aliment d'engraissement à différentes doses (0 , 100, 200 , 400 et 800 ppm), sur les paramètres productif, les caractéristiques du canal et la balance nitro-énergétique de lapins en croissance. Nous avons utilisé 360 lapins sevrés à 34 jours d'âge, logés dans des cages individuelles et répartis au hasard en cinq traitements. Alimentation de base a été formulée (PB: 15,8 % Amidon : 16% NDF : 31,6%, EB : 4319 kcal / kg) et qui a été supplémenté avec des doses différentes du complexe enzymatique. La consommation et le poids des animaux ont été contrôlés de 34 à 48 jours d'âge et de 49 à 60 jours. La composition corporelle de 11 lapins par traitement a été estimée par la technique impédance bioélectrique à 34 et 60 jours d'âge pour estimer le bilan azoté. A la fin d'engraissement, 24 lapins par traitement ont été sacrifiés et on mesure le poids de la carcasse, tout le tube digestif, l'estomac plein, l'estomac vide et ceacum rempli. Entre les jours 53 et 57 jours de vie, un test de digestibilité a été effectué (MS, MO, PB, EE, FND ; n = 11), sauf pour la dose de 100 ppm. Durant la première période de l'engraissement (34-48 d), la suppléments enzymatique améliorée linéairement ($P < 0,05$) indice de conversion (IC), sans affecter la consommation (CMD) ou de croissance (GMD). Dans la seconde période (49-60 d), indice de conversion (IC) et le GMD varie quadratiquement ($P < 0,05$) avec une supplémentation en enzyme, soit le niveau optimal pour les deux ; 400 ppm / kg. La digestibilité de la MS, MO, EE, EB et aggravée linéaire ($P < 0,05$) et le poids de l'appareil digestif (% BW) augmente de façon linéaire ($P < 0,05$) avec des doses croissantes de complexe enzymatiques, sans affecter le rendement de la carcasse qui était en moyenne de 57,8%. Les enzymes n'ont eu aucun effet sur l'équilibre de l'azote et de l'énergie, à l'exception excrétion d'EB ($P < 0,05$) dans les fèces (avec la faible digestibilité), qui a augmenté avec la dose. A 60 jours d'âge, Ni la composition corporelle ou la composition de la carcasse chez lapins en croissance *in vivo*, ont été affectés ($P > 0,05$) par le niveau de complémentation du complexe enzyme.
- b) Expérience 2: L'objectif était de comparer l'effet de la supplémentation du complexe enzymatique dans deux aliments avec différents niveaux d'énergie digestible (ED) et protéines digestibles (PD) sur les performances productif, les caractéristiques de la carcasse et la balance l'azote et de l'énergie chez les lapins en croissance. Pour ce faire, nous avons utilisé les mêmes complexes enzymatique avec les trois doses (0, 100 et 200 ppm) en formulant deux aliments de base différents (Aliment A: PD 11,9% MS; amidon: 17,7% MS; FND 35 , 6%

MS, ED: 10,5 MJ / kg MS et aliment B: PD: 10,7% de MS, de l'amidon: 17,5% de MS, NDF: 37,4% de MS, ED: 9,79 MJ / kg MS). Par conséquent, un total de 240 lapins sevrés à 34 jours, qui ont été logés dans des cages individuelles. Les mêmes paramètres dans l'essai précédent ont été contrôlés. Le calcul de la digestibilité (entre 53 et 57 jours de vie) a été effectué sur les deux alimentations (A et B), mais seulement pour les doses entre 0 et 200 ppm. L'addition des enzymes n'a aucun effet sur la digestibilité et sur les paramètres productif étudié durant la phase d'engraissement. L'aliment B affecte négativement ($P < 0,01$) la digestibilité de la MS, MO, FND et EB par rapport à aliment A (5,98, 5,66, 4,91 contre 22,59%, respectivement). La consommation de l'azote digestible (ND) et ED étaient plus faibles pour le aliment B que A (10% et 7 %, respectivement, $P < 0,01$). La rétention de ND était inférieur de 3% ($P < 0,05$) et l'excrétion d'azote dans l'urine ($P < 0,05$) et dans les fèces ($P = 0,062$) étaient également inférieur, 18,6 et 6,4 %, respectivement. La Consommation de l'ED (34,7 contre 32,3 MJ, $P < 0,05$), l'EB retenue (221 vs 208 kJ/kg^{0.75}, $P < 0,05$) et EB excrété dans l'urine (21 MJ vs 19,4 , $p < 0,05$) étaient plus faibles dans l'aliment B qu'en A mais EB fécale été plus élevée (24,9 contre 26,5 MJ , $P < 0,05$). La rétention inférieure de N et de l'EB de l'aliment B, a donné lieu à un poids inférieur à 48 jours d'âge pour les lapins en croissance (1650 g contre 1622 g, $P < 0,05$), ceci est due à la baisse de GMD dans la première période d'engraissement (3,4 %, $P = 0,057$), bien que pendant la deuxième période d'engraissement et le poids final ne diffèrent pas significativement. La consommation alimentaire au cours de la phase d'engraissement était supérieur de 2,92% pour l'aliment B, et l'IC était élevé (2,52 vs 2,63, $P < 0,05$). Le type d'aliments n'affecte pas le rendement des carcasses, bien que les portées de l'aliment B ont un poids de l'appareil digestif et de l'estomac plein et vide ($P < 0,05$) plus lourd. La composition chimique in vivo comme la carcasse ont été affectés par le type d'aliment ($P < 0,05$). In vivo, la teneur en cendres (% MS) et EB (% MS) étaient de 4,15% et 1,76% ($P < 0,05$), respectivement, plus élevée pour l'aliment A. Et sur le canal, l'aliment A a montré un teneur plus élevé en EE (% MS) et une augmentation relative plus élevée en PB, EB, EE et cendres ($P < 0,05$), et l'EB (% MS) ($P = 0,07$).

Dans le deuxième essai l'objectif était d'étudier l'effet d'inclure différents niveaux de lignine (ADL) (faible (L) : 5% MS, moyen (M): 6% MS et haute (H): 7 % MS) et des différentes sources de lignine (Arbocel[®] (A) vs pépins de raisin dégraissées (G)) sur la performance, caractéristiques de la carcasse et la balance de l'azote et de l'énergétique chez les lapins en croissance. Dans ce contexte, nous avons utilisé 936 lapins, 216 ont été sevrés à 34 jours d'âge et logés dans des cages individuelles, et le reste 720 étaient sevrés à 35 jours d'âge et ont été logés polyvalent (5 lapins / cage). Cinq aliments différents ont été formulées : un régime de contrôle pour les deux sources (AB et GB : ED : 2616 kcal / kg MS , PD : 12,0 % de MS , NDF : 36,4% DM ; FAD : 21,3% DM ; LAD : 4,78% MS ; amidon : 15,5% DM), deux aliments avec un niveau moyen pour chaque source (AM (ED : 2537 kcal / kg MS , PD : 11.1 % de MS , NDF : 37,8% MS ; FAD : 23,8% DM ; LAD : 5,87% MS ; amidon : 15,1% DM) et GM (ED : 2586 kcal / kg MS , PD : 11,4 % de MS , NDF : 36,2% MS ; FAD : 21,8% DM ; LAD : 6,03% MS ; amidon : 15,5 % MS)) et deux aliments avec un niveau élevé pour chaque source (AA (ED : 2555 kcal / kg MS , PD 11,7 % de MS , NDF : 37,7% DM ; FAD : 23,9% DM ; LAD : 6,23% MS ; amidon : 14,5 % MS) et GA (ED : 2603 Kcal / kg MS ; PD : 11.1 % de MS , NDF : 35,4% DM ; FAD : 22,0% DM ; LAD : 6,72% MS ; amidon : . 15,8 % MS)) durant la phase engraissement collective, le poids et la consommation de chaque cage a été contrôlé, au début et à la fin de se stade (35 et 61 jours d'âge), indice

de conversion et la mortalité étaient contrôlés de façon journalière. Durant l'engraissement individuel, CMD et le poids se contrôlent en deux périodes aux 34-48 jours et aux 49-60 jours de vie. La composition corporelle a été estimée par la technique d'impédance bioélectrique à 34 et 60 jours d'âge pour estimer le bilan azoté (11 lapins par traitement). A la fin de l'engraissement, 24 lapins par traitement ont été sacrifiés et on mesure le poids de la carcasse, tout le tube digestif, l'estomac plein, l'estomac vide et le cæcum plein. Entre les jours 53 et 57 jours de vie, on calcule la digestibilité (MS, MO, PB, EE, NDF, n = 11).

Durant la phase de l'engraissement collective, le niveau le plus élevé de lignine affecte IC lignine, par rapport aux deux autres niveaux (de 2,66 à 2,70 g en moyenne contre 2.70 g, $P < 0,05$), mais sans touché l'ingesta (139 g / d) et la croissance (52,2 g / d).

Durant l'engraissement individuel, le niveau de lignine n'a aucun effet significatif sur les paramètres productifs. Le poids de l'appareil digestif diminue avec les niveaux moyen et haut de lignine, par rapport au contrôle (17,4 contre 17,9% ; $P = 0,052$) sans affecter le rendement de carcasse (58,2 % en moyenne). La digestibilité apparente MS, MO et EB étaient plus élevées avec le niveau le plus bas de lignine comparé à la moyenne des deux autres : MS (58,4 vs 56,8%), MO (60,2 vs 58,7%), EB (60,3 vs 58,9%). Les animaux de niveau haut et moyen de lignine consommaient moins de ND que les niveaux le plus bas (80,5 contre 73,6 g ND/kg aliment, de moyenne; $P < 0,05$), et améliorées l'efficacité de rétention (0,33 Vs 0,35%, en moyenne, $P < 0,05$), de sorte que le N retenu dans tous les niveaux de lignine était similaire (0,667 g N / kg PV^{0,75}). N excrété dans les urines était plus faible pour les deux niveaux les plus élevés de lignine (moyenne contre 25,2 de 23,2 g N / kg PV^{0,75}). Au contraire pour l'excrétion d'EB dans les feces augmente dans ces deux aliments (+2,88 %) par rapport au niveau le plus bas. La inclusion de source Arbocel® de LAD aggravée l'indice de conversion dans l'engraissement individuel (2,56 vs 2,52 g/g; $P < 0,05$) aussi dans l'engraissement collective. Le Arbocel® affecte négativement la digestibilité de MO par rapport à pépins de raisin dégraissés (58,9 vs 59,7%, $P < 0,05$) et la consommation de ND (73,9 vs 77,75 g ND/kg aliment; $P < 0,05$). Cependant, l'efficacité de l'utilisation de N était plus élevée (0,35 vs 0,33, $P < 0,05$). L'azote retenu ne varie pas entre les sources utilisées (0,667 g N/kg PV^{0,75}). Les lapins qui consomment l'aliment avec Arbocel® secrètent moins d'azote dans l'urine (23,21 vs 25,22 g N/ kg PV^{0,75}). La composition chimique des animaux in vivo ne varie pas comme la carcasse n'est pas affectée ni par la source ni par le niveau de lignine dans l'aliment.

D'après les résultats de cette étude, on peut conclure que la fourniture du complexe d'enzymes dans l'alimentation des lapins en croissance n'a pas amélioré ni la digestibilité, ni l'excrétion d'azote dans l'environnement, ni réduire le poids de l'appareil digestif, mais n'a eu aucun effet négatif sur le rendement de la carcasse. L'utilisation d'enzymes amélioré l'indice de conversion durant la première étape de l'engraissement, de sorte que son utilisation serait souhaitable chez les jeunes animaux après le sevrage. Dans les conditions de cette étude, l'ajout d'enzymes pour une alimentation moins digestibles, n'a pas amélioré l'efficacité d'utilisation des nutriments, ou n'a eu aucun effet sur les performances du canal. L'inclusion de LAD au-dessus de 5% dans les aliments iso énergétique provoque une diminution de poids de l'appareil digestive bien que cet effet n'est pas traduit par une amélioration de rendement de canal. Il est conseillé de l'utiliser comme une source de fibres ligneuses les pépins de raisin dégraissés contre Arbocel®.

CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y OBJETIVOS..... 1

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. CALIDAD DE LA CANAL..... | 2 |
| 3. CANAL COMERCIAL DEL CONEJO EN ESPAÑA..... | 3 |
| 3.1. Rendimiento a la canal | 3 |
| 3.2. Factores que influyen en el rendimiento a la canal | 5 |
| 3.2.1. Presentación de la canal..... | 5 |
| 3.2.2. Intrínsecos (genética, sexo y edad)..... | 5 |
| 3.2.3. Extrínsecos (manejo, ambiente, alimentación)..... | 6 |
| 4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CONEJO | 9 |
| 4.1. Factores que influyen en la composición química | 10 |
| 4.1.1. Factores intrínsecos | 10 |
| 4.1.2. Factores extrínsecos..... | 12 |
| 4.2. Medida de la composición química..... | 13 |
| 5. OBJETIVOS | 14 |
| 6. REFERENCIAS | 14 |

CAPÍTULO II: EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE UN COMPLEJO ENZIMÁTICO SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS, COMPOSICIÓN DE LA CANAL, Y EXCRECIÓN DE NITRÓGENO, EN GAZAPOS EN CRECIMIENTO..... 25

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 25 |
| 2. MATERIAL Y MÉTODOS | 26 |
| 2.1. Animales y alojamiento..... | 26 |
| 2.2. Piensos..... | 26 |
| 2.2.1. Experimento 1 | 26 |
| 2.2.2. Experimento 2 | 27 |
| 2.3. Parámetros productivos | 28 |
| 2.4. Rendimiento canal..... | 28 |
| 2.5. Prueba de digestibilidad in vivo | 28 |
| 2.6. Estimación de la composición química corporal..... | 28 |
| 2.7. Balance de nitrógeno y de energía | 28 |
| 2.8. Análisis químico de las dietas | 29 |
| 2.9. Análisis estadísticos | 29 |
| 2.9.1. Experimento 1 | 29 |
| 2.9.2. Experimento 2 | 29 |
| 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 30 |
| 3.1. Experimento 1 | 30 |
| 3.2. Experimento 2 | 35 |
| 4. CONCLUSIONES | 44 |
| 4.1. Experimento 1 | 44 |
| 4.2. Experimento 2 | 44 |

| | |
|---|-----------|
| 5. REFERENCIAS | 44 |
| CAPÍTULO III: EFECTO DE LA FUENTE Y DEL NIVEL DE LIGNINA SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS, COMPOSICIÓN DE LA CANAL, Y EXCRECIÓN DE NITRÓGENO, EN GAZAPOS EN CRECIMIENTO..... | 49 |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 49 |
| 2. MATERIAL Y MÉTODOS | 50 |
| 2.1. Animales y alojamiento..... | 50 |
| 2.2. Piensos..... | 51 |
| 2.3. Parámetros productivos | 53 |
| 2.4. Rendimiento canal..... | 53 |
| 2.5. Prueba de digestibilidad | 53 |
| 2.6. Estimación de la composición química corporal..... | 53 |
| 2.7. Balance nitrógeno y de energía | 54 |
| 2.8. Análisis químicos | 54 |
| 2.9. Análisis estadísticos | 54 |
| 3. RESULTADOS | 55 |
| 4. DISCUSIÓN..... | 63 |
| 5. CONCLUSIONES | 66 |
| 6. REFERENCIAS | 66 |
| CONCLUSIONES GENERALES | 70 |

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

| | |
|--|---|
| Tabla 1: Pesos medios de las canales demandadas en España, Francia e Italia (Camps, 1993)..... | 3 |
|--|---|

CAPÍTULO II

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Actividad enzimática del complejo utilizado (según fabricante)..... | 28 |
| Tabla 2: Composición química de los dos piensos experimentales..... | 29 |
| Tabla 3: Composición en ingredientes de los dos piensos experimentales..... | 29 |
| Tabla 4: Efecto de la suplementación creciente de enzimas (100, 200, 400 y 800 ppm) sobre los parámetros productivos de gazapos de 34 a 60 días de edad..... | 32 |
| Tabla 5: Efecto de la suplementación creciente de enzimas (100, 200, 400 y 800 ppm) sobre las características de la canal..... | 33 |
| Tabla 6: Efecto de la suplementación creciente de enzimas (100, 200, 400 y 800 ppm) sobre la digestibilidad..... | 33 |
| Tabla 7: Efecto de la suplementación creciente de enzimas (100, 200, 400 y 800 ppm) sobre la composición química <i>in vivo</i> a los 60 días y el incremento relativo al peso inicial de cada compuesto..... | 35 |
| Tabla 8: Efecto de la suplementación creciente de enzimas (100, 200, 400 y 800 ppm) sobre la composición química en la canal a los 60 días y el incremento relativo al peso inicial de cada compuesto..... | 35 |
| Tabla 9: Efecto de la suplementación creciente de enzimas (100, 200, 400 y 800 ppm) sobre el balance de nitrógeno..... | 36 |
| Tabla 10: Efecto de la suplementación creciente de enzimas (100, 200, 400 y 800 ppm) sobre el balance de energía..... | 36 |
| Tabla 11: Efecto de la suplementación con enzimas y del tipo de pienso sobre los parámetros productivos en cebo..... | 40 |
| Tabla 12: Efecto de la suplementación con enzimas y del tipo de pienso sobre las características de la canal..... | 41 |
| Tabla 13: Efecto de la suplementación con enzimas y del tipo de pienso sobre la composición química <i>in vivo</i> y el incremento relativo al peso inicial de cada componente..... | 41 |
| Tabla 14: Efecto de la suplementación con enzimas y del tipo de pienso sobre la composición química de la canal y el incremento relativo al peso inicial de cada componente..... | 42 |
| Tabla 15: Efecto de la suplementación con enzimas y del tipo de pienso sobre la digestibilidad..... | 42 |

| | |
|---|----|
| Tabla 16: Efecto de la suplementación con enzimas y del tipo de pienso sobre el balance de nitrógeno..... | 44 |
|---|----|

| | |
|---|----|
| Tabla 17: Efecto de la suplementación con enzimas y del tipo de pienso sobre el balance de energía..... | 44 |
|---|----|

CAPÍTULO III

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Ingredientes piensos (%)..... | 54 |
|--|----|

| | |
|--|----|
| Tabla 2: Composición química de los piensos..... | 55 |
|--|----|

| | |
|---|----|
| Tabla 3: Composición química de la granilla desengrasada de uva, comparando distintos análisis..... | 55 |
|---|----|

| | |
|---|----|
| Tabla 4: Características analíticas del Arbocel® (%), comparando distintos análisis.. | 56 |
|---|----|

| | |
|---|----|
| Tabla 5: Efecto del nivel y fuente de lignina sobre los parámetros productivos de gazapos de 34 a 60 días de edad en cebo individual..... | 59 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| Tabla 6: Efecto del nivel y fuente de lignina sobre los parámetros productivos de gazapos de 35 a 61 días de edad en cebo colectivo..... | 59 |
|--|----|

| | |
|--|----|
| Tabla 7: Efecto del nivel y fuente de lignina sobre las características de la canal..... | 60 |
|--|----|

| | |
|--|----|
| Tabla 8: Efecto del nivel y fuente de lignina sobre la digestibilidad..... | 63 |
|--|----|

| | |
|--|----|
| Tabla 9: Efecto del nivel y fuente de lignina sobre el balance de nitrógeno..... | 63 |
|--|----|

| | |
|---|----|
| Tabla 10: Efecto del nivel y fuente de lignina sobre el balance de energía..... | 64 |
|---|----|

| | |
|---|----|
| Tabla 11: Efecto del nivel y fuente de lignina sobre la composición química <i>in vivo</i> a los 60 días y el incremento relativo al peso inicial de cada componente..... | 64 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| Tabla 12: Efecto del nivel y fuente de lignina sobre la composición química en la canal a los 60 días y el incremento relativo al peso inicial de cada componente..... | 65 |
|--|----|

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|---|
| Figura 1: Despiece de un conejo comercial de 2,3 kg (Ouhayoun, 1991a)..... | 5 |
| Figura 2: Efecto de la FND sobre el peso del contenido cecal (%PV) (De Blas et al. 1999)..... | 8 |
| Figura 3: Efecto del nivel de LAD sobre el tiempo de retención de la digesta en el ciego y el peso del contenido cecal (García <i>et al.</i> , 2002)..... | 9 |

CAPÍTULO I: Revisión bibliográfica y Objetivos

1. Introducción

El objetivo final de todo sistema de producción de carne es obtener una canal y un producto de calidad, con el fin de optimizar no sólo los parámetros productivos, sino también el beneficio económico. La calidad de la carne hace referencia a sus propiedades nutricionales, sensoriales, tecnológicas y sanitarias (Dalle Zotte, 2002) y la calidad de la canal, al rendimiento a la canal, el cociente carne/hueso o a la proporción de ciertos músculos de mayor valor comercial (Blasco *et al.*, 1982).

En este sentido, estudios previos en otras especies, como en vacuno (Berg y Butterfield, 1979) propusieron como objetivo lógico de la producción, el aumento de la masa muscular total, basándose en el hecho de que en un mismo punto de la curva de crecimiento no parecen existir diferencias en la distribución de masas musculares entre razas de bovino lecheras o carniceras. La diferencia en la distribución de las masas musculares se debe a las diferencias de precocidad entre líneas. Por otra parte, Richmond y Berg (1971) en porcino, y Fourie (1965) en ovino, llegaron a conclusiones similares, sentando pues, como objetivo principal de la producción, el aumento de la cantidad total de carne en canal. En conejos, al igual que en otras especies, la forma más eficaz de mejorar este parámetro es mediante la mejora genética (Hernández *et al.*, 2004; Pascual y Pla, 2007), ya que incrementar la masa muscular de un animal mediante la nutrición es algo muy costoso. Se podría conseguir incrementando el aporte energético y proteico del pienso, lo que actualmente comprometería la rentabilidad de las explotaciones, debido al encarecimiento de las materias primas en los últimos años.

Por otra parte, ya se ha demostrado que la inclusión de elevados niveles de proteína en el pienso de conejos incrementa la emisión de nitrógeno al medio (Maertens *et al.*, 1997; Trocino *et al.*, 2000) y provoca patologías digestivas (Carabaño *et al.*, 2009). Además, en nuestro país se aplica la normativa europea en lo que respecta a la contaminación del medio ambiente (Reglamento CE N° 1069/2009), y por lo tanto, las exigencias para disminuir la producción de residuos en las explotaciones ganaderas, debido a su potencial efecto contaminante del medio, han ido aumentando (Real Decreto 1528/2012, de 8 de noviembre), imponiéndose cada vez mayores sanciones a las explotaciones que no cumplen con la normativa.

Los consumidores también tienen cada vez una mayor concienciación con el medio ambiente, y exigen que el impacto ambiental sea mínimo. Por ello, desde el punto de vista nutricional nos interesa buscar estrategias que mejoren los rendimientos productivos y la calidad de la canal, sin aumentar los residuos que generen una mayor contaminación ambiental. Entre estas estrategias, podría ser interesante estudiar cómo afecta la inclusión de enzimas exógenas en los piensos de conejos al rendimiento de la canal, puesto que mejoran la digestibilidad, reducen las emisiones al medio y los contenidos digestivos (Falcao-e-Cunha *et al.*, 2007). Otra forma de mejorar este parámetro sería mediante la inclusión de niveles elevados de lignina ácido detergente, que aumenta la velocidad de tránsito de la digesta (Gidenne *et al.*, 2001) y provoca un mayor vaciado del tracto digestivo (Nicodemus *et al.*, 1999; García *et al.*, 2002). Por lo tanto, un aumento del rendimiento a la canal, reduciendo el contenido y/o el tamaño del tracto digesto, supondría un menor impacto ambiental, al disminuir la cantidad de desechos que deben eliminarse y una mejora de la productividad del matadero.

2. Calidad de la canal

El concepto de calidad de la canal para cada eslabón y sector de la cadena productiva es distinta (Ouhayaun, 1998). La diversidad de intereses dificulta una única definición de calidad que sea válida para todos los niveles de producción cárnica, siendo a veces imposible satisfacer todos los objetivos: sensoriales, dietéticos o tecnológicos.

Productor:

Actualmente lo que le interesa principalmente al productor es optimizar el crecimiento de los animales y sus índices de transformación. Su objetivo principal es la obtención de animales en el menor tiempo posible y con el menor coste de producción, debiendo cumplir además, con el peso, conformación y estado de engrasamiento valorados por el industrial. En la práctica, las variaciones en el grado de engrasamiento y en el peso de la canal pueden ser responsables, en gran medida, de las variaciones en el valor de la misma.

El productor también debe tener en cuenta lo que demanda el consumidor y obtener canales que se ajusten a esa demanda, si bien es cierto, que lo que comercialmente se valora como de máxima calidad no es lo que mayor beneficio reporta, bien porque los costes se elevan considerablemente o bien porque se pierde potencial productivo (Consigli, 2001), debiéndose buscar el equilibrio óptimo.

Matadero o industrial:

El industrial requiere canales con una proporción máxima de musculo, mínima de hueso y una cantidad de grasa acorde a los requerimientos del mercado.

Su prioridad es adquirir animales con un buen rendimiento a la canal, que tengan buenos perfiles y que presenten un cierto grado de engrasamiento, sobre todo de cobertura. La grasa y su distribución constituyen un aspecto de máximo interés en la comercialización de la canal (Berg y Butterfield, 1979) sobre la base de su estrecha relación con el musculo y a la importancia que por sí misma presenta.

Carnicero (detallista):

El carnicero, por su parte, busca satisfacer las exigencias de sus clientes, pero al mismo tiempo está supeditado a proveerse de aquellas canales que el matadero disponga o comercialice en cada momento. Deberá, por consiguiente, conjugar tales factores cuidando el tamaño de las piezas y la cantidad de grasa que éstas posean (relación músculo/hueso y músculo/grasa). Obviamente, el carnicero centra su mayor interés en las canales que poseen una elevada proporción de cortes de primera calidad, los cuales son muy demandados y fácilmente vendibles a un precio superior.

Consumidor:

El consumidor generalmente demanda una carne con buen contenido en músculo y algo de grasa. También considera, en gran medida, el color y la terneza como parámetros de aceptación. Sin embargo, las exigencias del consumidor son múltiples y variadas pudiéndose resumir de la siguiente forma:

La apariencia: color de la carne y de la grasa, forma y peso de la pieza.

Composición: proporción de carne y grasa en la pieza y de los residuos que quedan en el plato.

Características organolépticas: ternura, sabor, jugosidad y satisfacción que suscita al comerla.

3. Canal comercial del conejo en España

El momento más oportuno económicamente para sacrificar a los animales es cuando alcanzan un peso comprendido entre los 2 y 2,8 kg, pesos que se alcanzan entre las 8 y 10 semanas de vida, respectivamente, con un rendimiento a la canal que varía entre el 54 y el 61%. Puesto que la acumulación de grasa empieza a producirse a partir de los 2,5 kg de peso vivo (PV), quedan asimismo satisfechas las demandas del consumidor, que prefieren carnes tiernas y con muy poca grasa. En los países de la cuenca mediterránea, en los que la demanda de carne de conejo es mayor, los pesos de sacrificio varían, siendo España el país en el que se sacrifican con menor peso (Tabla 1).

Tabla 1. Pesos medios de las canales demandadas en España, Francia e Italia (Camps, 1993).

| PAÍS | PESO CANAL (Kg) |
|---------|-----------------|
| España | 1,0-1,2 |
| Francia | 1,4-1,6 |
| Italia | 1,4-1,6 |

Se entiende por canal al animal muerto, desangrado, pelado y sin vísceras. En España se suele comercializar con cabeza, riñones e hígado (Blasco *et al.*, 1993). El peso de las canales demandadas por el mercado es de 1-1,2 kg, por ello se sacrifican a los gazapos con dos meses de edad y unos 2 kg de PV. El rendimiento a la canal medio es de alrededor un 60%, con un contenido en grasa menor del 5% y menos de un 20% de hueso (Ouhayoun, 1998).

Actualmente las canales se presentan enteras o troceadas. El despiece típico consiste en trocear la canal en siete partes: dos patas traseras, dos patas delanteras, el lomo (piezas de primera categoría) y dos porciones de tórax (de segunda categoría). Sin embargo, el procesado de la carne de conejo todavía sufre un retraso importante en comparación con otras especies (Petracci *et al.*, 2012)

3.1. Rendimiento a la canal

El rendimiento a la canal es uno de los parámetros técnicos utilizados para valorar la calidad de la canal y uno de los más importantes a nivel económico para el matadero.

Según las normas de la World Rabbit Scientific Association recogidas por Blasco *et al.* (1993) y modificadas por Blasco y Ouhayoun (1993) para unificar las definiciones de algunos parámetros utilizados en las investigaciones en cunicultura se define:

- Peso de la canal comercial (PCCo): peso de la canal tras refrigeración durante 24h entre 0- 4°C.
- Peso de la canal caliente (PCC): peso de la canal 25-30 minutos después del sacrificio.

- Peso Vivo (PV): Peso del animal al final del periodo experimental antes de ayunar, incluidos los pesos de los contenidos digestivos y de la vejiga de la orina.
- Peso vivo sacrificio (PVS): Peso del conejo previo al sacrificio.
- Peso vivo vacío (PVV): PVS sin contenido digestivo

Las diferencias entre PV y PVS se deben a las pérdidas por el ayuno, las deyecciones y deshidratación que se dan durante el transporte y varían de un 2 a un 3,5 % (Villena *et al.*, 2008; Mazzone *et al.*, 2010; Margüenda *et al.*, 2012), e incluso pueden llegar a ser del 4,5%, cuando el transporte hasta el matadero es de 8 horas (Trocino *et al.*, 2003).

Según los pesos que se relacionen se pueden existir diferentes definiciones de rendimiento de la canal:

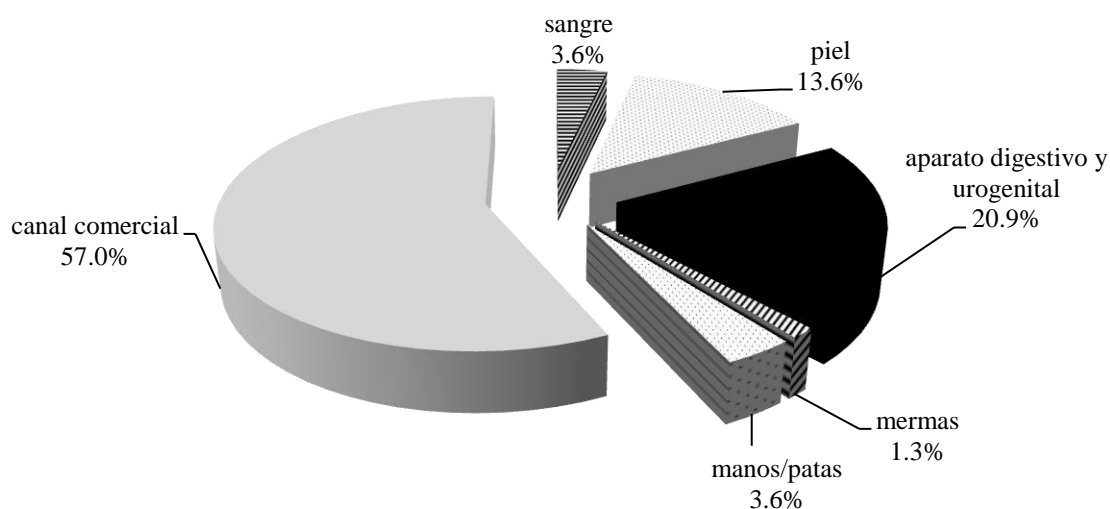
- Rendimiento de la canal comercial (RC): relación, expresada en tanto por ciento, entre el peso de la canal comercial y el peso vivo del animal: $PCCo/PV \times 100$.
- Rendimiento en matadero: $PCC/PVS \times 100$.
- Rendimiento verdadero: $PCC/PVV \times 100$.

Aunque el más usado es el rendimiento comercial, conviene indicar en cada caso cual se utiliza. Si bien actualmente se paga a los ganaderos en función del PV de los animales, siendo el RC de importancia técnica y económica sobre todo para los mataderos, hay una tendencia a futuro de pagar al ganadero, por la calidad de la canal y el RC (Such, 1981).

Hoy en día el rendimiento de la canal del conejo varía entre el 50 y el 65% del PV. Esta amplia variación se debe, en parte, al tipo de rendimiento que se use para definirlo (comercial, en matadero o verdadero). Pero también hay otro tipo de factores que pueden ser intrínsecos, propios de cada animal (la genética, la raza, la edad del sacrificio (de 8 a 12 semanas), el peso al sacrificio, o extrínsecas, del medio en el que se encuentre y de su manejo (condiciones ambientales, alimentación durante el cebo) (Such, 1981, Ouhayoun, 1991a, Parigi Bini *et al.*, 1992; Bianospino *et al.*, 2006; y Metzger *et al.*, 2006). En la Figura 1 se muestra el despiece de un conejo comercial de 2,3 kg de PV. El tracto digestivo supone aproximadamente el 20-21% PV, lo que representa el 60% del total de desechos que se producen en matadero (Margüenda *et al.*, 2012).

Debido a la legislación Europea sobre Enteropatía Espongiforme Transmisible, estos desechos de matadero son considerados material de riesgo y deben ser eliminados, generalmente incinerándolos, lo que conlleva un coste añadido (Margüenda *et al.*, 2012).

Figura 1: Despiece de un conejo comercial de 2,3 kg (Ouhayoun, 1991a)



3.2. Factores que influyen en el rendimiento a la canal

3.2.1. Presentación de la canal

La diversidad de presentaciones de la canal es una de las causas importantes de variación en el RC. Por ejemplo en España la cabeza forma parte de la canal, mientras que en otros países la cabeza no forma parte de la canal y por ello no se tiene en cuenta en el cálculo del RC.

3.2.2. Intrínsecos (genética, sexo y edad)

En este grupo se consideran los parámetros que dependen del animal que básicamente son la genética, el sexo y la edad.

- Genética:

Las características de la canal están básicamente influenciadas por el peso adulto y por la madurez de los conejos en el momento del sacrificio (Pla *et al.*, 1996; Piles *et al.*, 2000, Dalle Zotte, 2002, Metzger *et al.*, 2006). Sacrificando los conejos al mismo peso vivo, las razas o líneas que alcanzan antes el peso adulto tienen un rendimiento a la canal menor que aquellas que tienen una madurez más tardía (Such, 1981, Lukefahr *et al.*, 1982; Maertens, 1992; Pla, 1996; Pla *et al.*, 1996; Dalle Zotte y Ouhayoun, 1998). Esto se debe en parte a la alometría positiva que presenta el crecimiento del aparato digestivo (Cantier *et al.*, 1969; Deltoro y López, 1985), respecto al total corporal, que hace que proporcionalmente, el peso del aparato digestivo respecto al PV, sea mayor en animales de crecimiento rápido que en los que crecen más lentamente (Ouhayoun, 1998). Por otra parte, Hernández *et al.* (2004) observaron que cuando animales genéticamente distintos se sacrifican con el mismo estado de madurez, a distintas edades, no hay diferencias en el RC debidas a la mejora genética. Por lo tanto, si el objetivo fuese únicamente obtener el máximo rendimiento a la canal, en líneas genéticas similares interesaría sacrificar a los animales a mayor peso. Sin embargo, cuanto mayor es el peso del animal, mayor es la proporción grasa y menor la relación músculo/hueso (Hernández *et al.*, 2004). Si un conejo alcanza su tamaño adulto a los 4 kg, su adiposidad aumenta a partir de los 2100 g, y la relación músculo/hueso tenderá a disminuir a partir del peso de 2450 g, con lo cual el peso óptimo de sacrificio se situaría en los 2300 g vivo (o sea canales de 1300g).

En España se sacrifican a los animales con menos del 55% del peso adulto, lo que tiene como ventaja una mejora del índice de conversión y la comercialización de unas canales con menor contenido graso, pero con peor rendimiento de la canal. Las canales de peso superior a 1430g tienen un 6% más de RC que cuando se produce el sacrificio a menor peso (Ouhayoun, 1991a).

Según Metzger *et al.*, (2006) la selección genética por velocidad de crecimiento y las características de la canal debería hacerse en paralelo para permitir incrementar el contenido en carne a una edad más temprana en razas tardías.

- **Sexo:**

En la mayoría de las especies los machos tienen un mayor potencial de crecimiento que las hembras y alcanzan antes el peso adulto. El peso de su canal también es mayor, y su composición corporal es menos grasa que la de las hembras (Lazzaroni *et al.*, 2009). Sin embargo, estas diferencias en el conejo no llegan a ser importantes (Bernardini *et al.* 1995) debido a que se sacrifican mucho antes de que alcancen la pubertad, etapa ésta, en la que empiezan a notarse más las diferencias. En este sentido, Trocino *et al.* (2003) observaron que las hembras tuvieron un peor rendimiento a la canal y mayores pérdidas durante el transporte hasta el matadero que los machos, si bien en este estudio los conejos se sacrificaron con un peso mayor de 2,5 kg, peso al que no se llega en España.

- **Edad:**

La edad es un factor que tiene mucha importancia en el rendimiento de la canal. Varios autores (Parigi Bini *et al.*, 1992; Piles *et al.*, 2000; Dalle Zotte, 2002 y Gondret *et al.* 2002) han confirmado que a mayor edad, mayor es el rendimiento canal, hasta un óptimo y después disminuye. La edad va unida al peso vivo del animal, ya que cuanto mayor es el animal mayor es su peso vivo. Por lo tanto, todos estos trabajos concluyen que es conveniente realizar la comparación entre razas o líneas a una misma edad de sacrificio, para evitar diferencias atribuidas al grado de madurez somática. No obstante, aunque con la edad se mejora el RC, se empeora el índice de conversión y las canales son más grasas (Fernández y Fraga, 1996), por lo que hay que llegar a compromiso entre todas estas variables para optimizar el beneficio económico.

3.2.3. Extrínsecos (manejo, ambiente, alimentación)

Son los factores referentes al medio en el que se encuentran los animales y a factores que no dependen propiamente del animal.

- **Manejo:**

Entre estos factores están los relacionados con el tipo de alojamiento, la densidad durante el cebo, y las condiciones antes del sacrificio, como el ayuno y el transporte. Algunos estudios han demostrado que el alojamiento en grupo durante el cebo en jaulas con mayor espacio y cama de paja han empeorado el RC con respecto a las jaulas convencionales (Dal Bosco *et al.*, 2002; Metzger *et al.*, 2003; Lazzaroni *et al.*, 2009). Sistemas de alojamiento en suelo, con salida al exterior (D'Agata *et al.*, 2009) también han reducido el RC, así como sistemas de cría extensivos frente a intensivos (Rymkiewicz y Lewczuk, 1999; Bielański, 2000). No obstante, en otros trabajos no se ha encontrado efecto del tipo de alojamiento sobre el RC (Daszkiewicz *et al.*, 2012). La densidad a la que se cría también puede afectar al RC. Densidades altas parece que tienen una influencia más negativa sobre los parámetros productivos que sobre el RC

(Aubret y Duperray, 1992; Xiccato *et al.*, 1999; Paci *et al.*, 2013). Según Martínez y Fernández Carmona (1981) el agrupamiento crea un microclima que amortigua las variaciones del medio ambiente, pero puede ser contraproducente en periodos cálidos. No obstante, incluso en condiciones de estrés térmico, Villalobos *et al.* (2008) no observaron efectos negativos de una densidad más alta sobre el RC.

El ayuno previo al sacrificio también afecta al RC. Durante las 6 primeras horas de ayuno, el peso que pierde el animal es debido principalmente al vaciado del aparato digestivo, mientras que durante las siguientes 6 horas también hay pérdida de humedad y de nutrientes de los tejidos corporales. En varios trabajos (Masoero *et al.*, 1992; Szendro y Kustos, 1992; Trocino *et al.*, 2003; Margüenda *et al.*, 2008 y 2009) se ha observado que los animales que ayunaron antes del sacrificio presentaron menor peso del aparato digestivo y, por lo tanto, un mayor rendimiento a la canal.

- **Ambiente:**

La época del año, la temperatura de la nave, las condiciones higiénico-sanitarias de la misma, etc., son parámetros que afectan al crecimiento del animal y por tanto al RC. En conejos, el incremento de la temperatura ambiental por encima de los valores de termoneutralidad reduce el consumo de alimento (Martínez y Fernández Carmona, 1981; Cervera y Fernández Carmona, 2010) y, consecuentemente, también disminuye la velocidad de crecimiento. Esto ocasiona un bajo peso al sacrificio, lo que es más evidente en el verano, pero a veces mejora el RC debido a una menor proporción de piel, intestinos y desperdicios (Chiericato *et al.*, 1993 y 1996).

- **Alimentación:**

La mejora del RC mediante la alimentación se basa en dos estrategias, la primera sería mediante un aumento del peso de la canal, mediante una mayor deposición de proteína y/o grasa, y la segunda consistiría en conseguir una reducción del peso relativo del aparato digestivo. El aumento de peso canal mediante una mayor cantidad de ingesta proteica y energética, no tiene mucho interés ya que la proteína es cara, además de que el nitrógeno excedente es contaminante (Maertens *et al.*, 1997) y provoca trastornos digestivos (Carabaño *et al.*, 2009). Un sobreconsumo de energía, también daría lugar a canales más grasas, que son menos valoradas por los consumidores. Por lo tanto, a continuación se presentan algunas de las estrategias que se pueden utilizar para disminuir el peso relativo del aparato digestivo:

- *Disminuir el consumo de alimento*

Cuando la concentración energética del pienso es mayor de 9-9,5 MJ/kg los gazapos regulan su ingesta por el contenido energético, si es menor es por regulación mecánica (Xiccato y Trocino, 2010). Una forma de aumentar el contenido energético de la ración es a través de la adición de grasa. En algunos trabajos se ha observado que un nivel de inclusión bajo o moderado de grasa (2-6%) aumenta el RC (Raimondi *et al.*, 1974; Castellini y Battaglini, 1992), pero en la mayoría de los trabajos no se ha encontrado efecto de la adición de grasa sobre el RC (Partridge *et al.*, 1986; Santomá *et al.*, 1987; Fernández y Fraga, 1996).

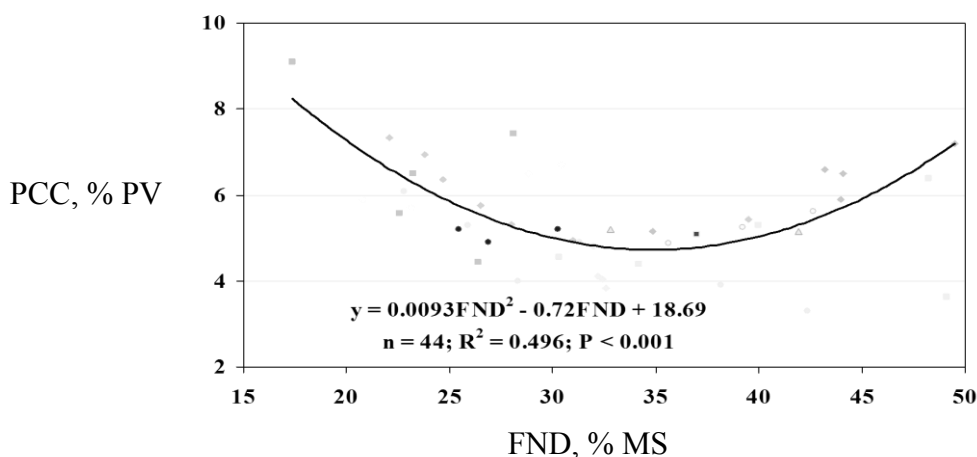
Otra alternativa para reducir el consumo sería utilizar una relación PD/ED por debajo de las recomendaciones (10 g PD/MJ ED; De Blas y Mateos, 2010), aunque esta alternativa sería conveniente realizarla al final del cebo para no afectar al crecimiento de

los animales. En porcino ya se han estudiado estrategias de este tipo, sustituyendo al final del cebo el pienso convencional por cebada, con el fin de mejorar el rendimiento a la canal y obtener canales más grasas (Garitano *et al.*, 2012).

- *Aumentar el tránsito digestivo*

La fibra juega un papel importante en la regulación del tránsito digestivo (Fraga *et al.*, 1991; Guidenne y Pérez, 1994; García *et al.*, 1999), el control de la flora intestinal y el mantenimiento de la integridad de la mucosa (de Blas *et al.*, 1999; Gidenne, 2003; Gidenne y García, 2006). El nivel de fibra tiene efecto sobre el peso de contenido cecal, y por lo tanto sobre el peso del aparato digestivo. En la Figura 2 se muestra como el nivel de FND del pienso influye de forma cuadrática sobre el peso del contenido cecal de conejos en crecimiento (de Blas *et al.*, 1999).

Figura 2: Efecto de la FND sobre el peso del contenido cecal (%PV) (De Blas *et al.* 1999).

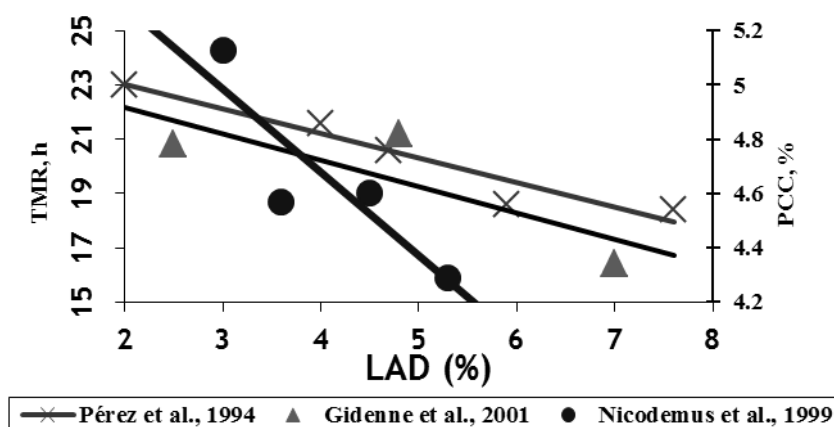


El peso mínimo del contenido cecal se obtiene para un 39,5 de FND (%MS) y valores por encima o por debajo de este óptimo producen un aumento del peso del contenido cecal. En algunos estudios se ha observado un aumento del RC al aumentar el nivel de FND del pienso (Fabre *et al.*, 2006); siempre que este nivel esté próximo al óptimo que minimiza el peso del contenido cecal. Por el contrario, un exceso de FND puede empeorar el RC (Magüenda *et al.*, 2006 y 2012; Villena *et al.*, 2008; Trocino *et al.*, 2011).

En algunos casos, un mismo nivel de FND puede dar lugar a resultados distintos, dependiendo del tipo de fibra que consuman los animales: el que sea más o menos lignificada (Fraga *et al.*, 1991; Nicodemus *et al.*, 1999; García *et al.*, 1999), más o menos fermentable (Gómez-Conde *et al.*, 2009, Trocino *et al.*, 2011; Martínez-Vallespín *et al.*, 2013) o el que tenga un mayor o menor tamaño de partícula (Gidenne, 1993; Nicodemus *et al.*, 2006; Romero *et al.*, 2011). Las fibras más fermentables y con menor tamaño de partícula favorecen una acumulación de digesta en el ciego debido a que provocan un mayor tiempo de retención íleo-rectal (García *et al.*, 1999; Gidenne, 1993). Como consecuencia, pueden empeorar el RC (García *et al.*, 1993), aunque inclusiones moderadas de este tipo de fibras parece que no tienen efectos negativos sobre el RC (Trocino *et al.*, 2011; Margüenda *et al.*, 2012). Por el contrario, fibras más lignificadas, aceleran el tránsito digestivo (Pérez *et al.*, 1994; Gidenne *et al.*, 2001) y reducen el peso del contenido cecal (Nicodemus *et al.*, 1999; García *et al.*, 2002). En la

Figura 3 se muestra cómo un incremento en la concentración de LAD del pienso, disminuye linealmente el peso del contenido cecal, por lo que también podría mejorar el RC.

Figura 3: Efecto del nivel de LAD sobre el tiempo de retención de la digesta en el ciego y el peso del contenido cecal (García *et al.*, 2002).



- *Aumentar la digestibilidad*

Una mejora de la digestibilidad de los nutrientes, favorece la absorción, reduciendo la llegada de elementos fermentables al ciego, y por tanto podría reducir el peso relativo del aparato digestivo y del contenido cecal. Una estrategia para mejorar la digestibilidad es utilizar distintos aditivos como enzimas, ácidos orgánicos, prebióticos, probióticos (Falcao-e-Cunha *et al.*, 2007). Los estudios sobre la utilización de enzimas en cunicultura son escasos y en muchas ocasiones, los resultados son contradictorios. En algunos trabajos, la suplementación enzimática mejora la mortalidad, la digestibilidad de algunos nutrientes y/o los rendimientos productivos (Gutiérrez *et al.*, 2002; Cachaldora *et al.*, 2004; Eiben *et al.*, 2004; García-Ruiz *et al.*, 2006). Sin embargo, en otros estudios (Sequeira *et al.*, 2000; Falcao-e-Cunha *et al.*, 2007, García-Palomares *et al.*, 2006) no se observaron mejoras con la adición de enzimas sobre ninguno de estos parámetros. Por otra parte, los trabajos que estudian el efecto del suministro de enzimas sobre el rendimiento de la canal son todavía más escasos, y con igual disparidad de resultados (Shanmuganathan *et al.*, 2004; Abaza y Omara, 2011).

- *Uso de oligoelementos*

Hay ciertos oligoelementos que tienen un efecto positivo sobre la salud intestinal y/o sobre el sistema inmunológico del animal, provocando una mejor absorción de nutrientes y un mejor crecimiento. Los trabajos donde se estudie el efecto de la suplementación con oligoelementos sobre el RC son escasos. En este sentido, Ebeid *et al.* (2012), vieron una mejora del RC con la adición de selenio orgánico.

4. Composición química del conejo

Como se ha visto anteriormente actualmente las canales de conejo que hay mayoritariamente en el mercado nacional son de razas selectas con un peso vivo entre 2-2,2 kg, que proporcionan canales muy homogéneas, de carne totalmente blanca que presenta un sabor y textura excelentes (Dalle Zote, 2002). La calidad de la carne de conejo se puede valorar por su composición física, química y sensorial, que son las

características que el consumidor final más valora, a pesar de que rara vez se tienen en cuenta por los criadores, mataderos y vendedores (Xiccato, 1999)

Comparativamente con otras especies domésticas, presenta un bajo contenido en grasa, calorías, sodio y una proporción elevada de proteína (Sunki *et al.*, 1978; Ouhayoun *et al.*, 1985) rica en aminoácidos esenciales (Hernández y Dalle Zotte, 2010). Además, la digestibilidad de su proteína es alta, con un buen valor biológico (Gilka, 1975; Ouhayoun, 1991b, Hernández y Dalle Zotte, 2010).

La carne se compone principalmente de agua, proteína y grasa, aunque también posee pequeñas cantidades de otras sustancias, como nitrógeno no proteico, carbohidratos y minerales.

En los conejos domésticos el componente mayoritario de la carne es el agua (69-73%), seguido de las proteínas (18,5-21%), incluyéndose en ellas las sustancias nitrogenadas no proteicas. La grasa, junto con el agua, es el componente de la carne que más variaciones presenta (6,5-10,5%); mientras que las cenizas es la fracción menos variable, representando alrededor del 1% (Cobos, 1993). Finalmente, la carne de los conejos, como las del resto de los mamíferos, es una fuente pobre de carbohidratos. El contenido normal de glucógeno del músculo de los mamíferos oscila entre 0,5-1% (Price y Schweigert, 1976) en el animal vivo; pero éste es un componente lábil que desciende rápidamente tras un corto período de actividad muscular intensa que acompaña a la muerte del animal, así como con la glucólisis anaeróbica irreversible que tiene lugar en el músculo cuando acaece la muerte y falla el aporte de oxígeno (Cobos, 1993).

4.1. Factores que influyen en la composición química

De igual forma que en el rendimiento a la canal, la composición química depende de varios factores que pueden ser intrínsecos y extrínsecos.

4.1.1. Factores intrínsecos

- **Edad y peso de sacrificio:**

Según va creciendo el animal, la composición química de los animales sufre variaciones (Dalle Zotte, 2002). El porcentaje de grasa de la canal de los conejos cambia de una fase inicial de disminución rápida (hasta las 5-6 semanas de edad) a una segunda fase de crecimiento moderado (Deltoro y López, 1986).

La mayoría de los autores (Rao *et al.*, 1978; García *et al.*, 1992a, 1993; Saiz *et al.*, 2011a y 2013a) señalan un incremento del contenido de grasa y un descenso de la cantidad de humedad de la carne de los conejos con el peso del animal.

Por lo tanto, la edad y el peso al sacrificio inciden de forma marcada en la terneza, estado de engrasamiento y valor nutritivo de la carne y la grasa (Fernández Martínez, 1993). Los conejos jóvenes presentan carne con mayor porcentaje de humedad y proteína y menor de grasa; llegada la edad reproductora su carne es mucho más insípida, compacta y grasienta. Según Parigi-Bini *et al.* (1992) para una misma raza, la edad parece ser más importante que el peso en cuanto a la variabilidad del contenido graso de las canales.

El peso de sacrificio, siempre que no se alcance la edad reproductora, no parece afectar al contenido en cenizas de la carne, ni apenas varía el contenido proteico y todavía son bajos los niveles de sodio y de colesterol (Fernández Martínez, 1993). Rao *et al* (1978) tampoco observaron cambios en el contenido proteico de la carne con un mayor peso de sacrificio. Sin embargo, Ouhayoun *et al.* (1974) señalaron un incremento del contenido proteico de la carne con un mayor peso de sacrificio, aunque la influencia del peso es mucho menor que la observada en la grasa y humedad.

La edad de destete no tiene efecto apreciable en la composición corporal final de los conejos (Rao *et al.*, 1978; Fraga *et al.*, 1983).

- **Raza:**

Es otro de los factores que más influyen en la composición de la carne. Ciruzzi *et al.* (1973), obtuvieron mayores valores de humedad y de proteína en los conejos de raza Neozelandesa Blanca que en los Californianos, que sin embargo, presentaron más grasa. El efecto de la raza también ha sido estudiado por Ouhayoun (1980) y Deltoro *et al.* (1988b). Estos autores sugirieron que el orden de precocidad para la deposición de grasa en las principales razas utilizadas en explotaciones intensivas es, de mayor a menor, Californiano, Neozelandés y Gigante de Flandes.

Sin embargo, los conejos criados para carne, en la práctica, son híbridos comerciales derivados de programas de selección basados en tres cruces, con pesos adultos comprendidos entre los 4 y 5 kg. Su peso a edades de sacrificio comerciales (de 11 a 13 semanas) hace que la composición de la canal en el producto final no presente diferencias (Ouhayoun, 1998). De acuerdo a resultados previos (Lambertini *et al.*, 1996; Hernández *et al.*, 1998), las diferencias entre líneas en términos de calidad de carne son despreciables y parece que la composición de la carne de conejo suele ser bastante constante.

- **Sexo:**

Fraga *et al.* (1983) observaron que los machos de la raza Gigante de España contenían un 1% más de nitrógeno y 0,8% menos de grasa que las hembras de la misma raza. Raimondi *et al.* (1974) también observaron más grasa y menos humedad en la carne de las hembras. Igualmente, Deltoro y López (1986) observaron que los machos tenían un contenido significativamente menor de grasa en la canal que las hembras. Sin embargo, otros autores (Costantini y Bosi, 1968; Ciruzzi *et al.*, 1973; Fraga *et al.* 1978) no encontraron diferencias significativas debidas al sexo, lo que parece ser debido a que la mayor parte de los conejos se comercializan antes de la edad reproductiva.

- **Parte de la canal:**

Aunque la canal de conejo es bastante homogénea, su composición química presenta ligeras modificaciones, dependiendo de la zona analizada. Así, el tercio posterior de la canal es más rico en humedad y proteína y más pobre en grasa que el anterior, mientras que el lomo presenta valores intermedios (Ciruzzi *et al.*, 1973; Granat *et al.*, 1977). Es decir, las partes que tienen crecimiento rápido son más ricas en proteína y humedad que las de crecimiento lento, lo que confirma las observaciones realizadas por Abdel-Naby (1979).

4.1.2. Factores extrínsecos

- **Alimentación:**

La composición química del pienso también influye en la composición química de la carne, siendo uno de los factores más importantes (Ouhayoun, 1998; Hernández y Dalle Zotte, 2010).

La fibra tiene un papel muy importante por su relación con el tránsito digestivo, con el contenido energético y con la relación PD/ED. Cuando los piensos tienen un alto contenido en fibra provocan un descenso del consumo, del crecimiento, del peso al sacrificio y empeoran el rendimiento de la canal, pero las canales suelen tener un menor contenido en grasa (García *et al.*, 1993; Hernández y Dalle Zotte, 2010). En este sentido, Fraga *et al.* (1983) señalaron que una relación ED/PD (kcal energía digestible/g proteína digestible) de 22,8 es la que proporciona un menor contenido de grasa y una mayor cantidad de proteína corporal en el conejo. Dicho valor es próximo al señalado por De Blas *et al.* (1981) para obtener una velocidad de crecimiento máxima (23,5 kcal ED/g PD). Si se aumenta la relación ED/PD, el contenido de la grasa en la canal tiende a aumentar (Fraga *et al.*, 1983; Dalle Zotte *et al.*, 1997) y a reducirse de forma significativa el contenido en proteína, agua y cenizas (Pérez, 1978). En otros trabajos, piensos con diferente ratio ED/PD durante el cebo no modificaron las características de canal ni la composición química de la carne (Xiccato *et al.*, 1993). Sólo cuando las modificaciones son extremas en la relación ED/PD es cuando se detecta efecto sobre la composición corporal (Xiccato, 1999).

Además de un ratio adecuado de PD/ED, los piensos deben garantizar un suministro correcto de los aminoácidos esenciales. En conejos los más limitantes son la metionina, lisina y treonina. Un déficit en estos aminoácidos tiene más efecto sobre los parámetros productivos, que sobre las características de la canal. De hecho el RC y la composición corporal están influenciados por el descenso en la ganancia media diaria (GMD) y del consumo. Todavía no se ha demostrado que haya un efecto sobre las características de la canal cuando se varía la cantidad de aminoácidos sin modificar la GMD (Xiccato, 1999). En algunos estudios se ha comprobado que la suplementación con metionina mejora el RC y aumenta la proporción de piezas de primera categoría (patas traseras y delanteras, lomo y riñones) (Taboada *et al.*, 1996) y aumenta el ratio carne/hueso (Berchiche *et al.*, 1995).

La adición de grasa al pienso de cebo supone un aumento del contenido graso de la canal (Cobos *et al.*, 1993; Fernández y Fraga, 1996). El mismo efecto se ha observado al alimentar a los gazapos sólo durante el postdestete (45-55 días de edad) con un pienso al que se le añadió grasa (Dalle Zotte *et al.*, 1997; Xiccato *et al.*, 1998).

- **Ambiente:**

La estación del año tiene una clara influencia en la velocidad de crecimiento de los conejos (Blasco *et al.*, 1983; Ouhayoun, 1984). Este efecto es indirecto, ya que la temperatura ambiente influye en la velocidad de crecimiento, a través de la ingestión de alimentos. A medida que aumenta la temperatura, disminuye la ingestión (Cervera y Fernández Carmona, 2010). No obstante, en otras especies también se ha señalado un efecto directo de la estación al modificarse el metabolismo energético (Close y Stanier, 1984) o el fotoperiodo (Schanbacher *et al.*, 1982; Tucker *et al.*, 1984). Deltoro *et al.* (1988a), en conejos de raza California y Nueva Zelanda sacrificados entre 1 y 20

semanas de edad, observaron que sólo aparecían diferencias significativas en la composición química de la carne en las tres primeras semanas de vida (la carne de los conejos nacidos en verano tenían un menor contenido en grasa y mayor de agua y proteína) y entre las 13 y 16 semanas de edad (la carne de los conejos de invierno presentaban contenidos más altos de grasa y menores de agua y proteína). Otros investigadores (Chiericato *et al.*, 1996) observaron una carne más pálida y con una mayor proporción de ácidos grasos saturados a temperaturas por encima de la termoneutralidad.

4.2. Medida de la composición química

Existen varios métodos para medir y/o estimar la composición química de los conejos. El método de referencia utilizado es el sacrificio comparativo, pero este método es caro e impide seguir la evolución de la composición corporal a lo largo del tiempo en el mismo animal. Por ello se han estudiado y desarrollado otro tipo de métodos *in vivo*, llamados indirectos, que evitarían el sacrificio del animal, como son la espectroscopia del infrarrojo cercano (NIRS), especialmente en conejas reproductoras (Masonero *et al.*, 1992), la técnica de dilución con óxido de deuterio (D₂O) (Fekete y Brown, 1992), la resonancia magnética (MRI) (Szendrő *et al.*, 1992; Köver *et al.*, 1996 y 1998), o la *Conductividad Eléctrica Corporal Total (TOBEC)* (Fortun-Lamothe *et al.*, 2002). Sin embargo estos métodos siguen resultando caros, para poder ser considerados como métodos alternativos al sacrificio comparativo.

El método de la Impedancia Bioeléctrica (BIA), es otro método *in vivo* de aplicación más sencilla y más barato que los anteriores, que ha sido ya evaluado para estimar la composición corporal en otras especies como corderos (Berg y Marchello, 1994), terneros (Marchello *et al.*, 1992 y 1999), cerdos (Swantek *et al.*, 1992, 1999; Marchello *et al.*, 1999), cerdos ibéricos (Daza *et al.*, 2006) e incluso en humanos (Lukaski *et al.*, 1985a y b). La BIA mide la reducción de voltaje que se produce en un cuerpo, cuando éste es atravesado por una corriente alterna de 425 μ A de intensidad y a una frecuencia de 50 KHz. Esta reducción depende de la conductividad del cuerpo, de su geometría y su volumen, además de la intensidad y de la frecuencia de la corriente. Se ha comprobado que la conductividad de un animal depende de su composición corporal. Así, los líquidos intra y extracelulares, electrolitos y minerales actúan como conductores y comprenden un amplio porcentaje de tejido magro en el cuerpo. Las membranas celulares se comportan como condensadores resistiendo una corriente hasta que se alcanza un umbral antes de permitir el paso de la misma. La grasa actúa como un aislante y resiste el paso de la corriente aplicada. Debido a la reducida conductividad del tejido graso, en comparación con los otros compuestos del organismo, un animal con mayor contenido de grasa tiene un valor más elevado de impedancia que un animal con más contenido de magro (Swantek *et al.*, 1999). Esto se debe a que la corriente es llevada por el cuerpo a través del agua y fluidos de éste. En otras especies se ha descrito que los tejidos libres de grasa tienen un contenido de agua mayor, y la señal eléctrica pasa más fácilmente (Marchello y Slinger, 1994).

Recientemente esta técnica ha sido ya validada y utilizada con buenos resultados para predecir *in vivo* las reservas corporales de conejas reproductoras en diferentes estados fisiológicos (Nicodemus *et al.*, 2009; Pereda *et al.* 2010; Rebollar *et al.*, 2011). También se ha utilizado y validado para estimar la composición corporal de conejos en crecimiento entre los 25 y 77 días de vida (Saiz *et al.*, 2011a y b) y para estimar la composición química las canales de 35 a 63 días de edad (Saiz *et al.*, 2013a y b). El

interés de utilizar esta técnica en animales en crecimiento es que nos permite estimar la retención y la eficiencia de utilización de la energía y la proteína.

5. OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo son:

- Estudiar el efecto de la utilización de enzimas a distintas dosis y en dos tipos de pienso sobre los parámetros productivos, rendimiento canal, digestibilidad del pienso y excreción de nitrógeno al medio en conejos en crecimiento.
- Investigar el resultado del nivel de inclusión y de la fuente de lignina en el pienso de conejos en crecimiento sobre los parámetros productivos, rendimiento canal, digestibilidad del pienso y excreción de nitrógeno al medio.

6. REFERENCIAS

- Abaza, I.M., and Omara, M.E. (2011). Effect of dietary corn cobs and enzymes supplementation on growing rabbits performance. *J. Product. & Dev.*, 16 (3): 507-527.
- Abdel-Naby, A.M. (1979). Studies on some productive and reproductive traits in rabbit under Upper Egypt condition. M. Sc. Thesis, Assiut University, Assiut, Egipto
- Aubret, J. and Duperray, J. (1992). Effect of cage density on the performance and health of the growing rabbit. *J. Appl. Rabbit Res.*, 15: 656-660.
- Berchiche, M., Lebas, F. and Ouhayoun, J. (1995). Utilization of field beans by growing rabbits. 1- Effects of supplementation aimed at improving the sulfur amino acid supply. *World Rabbit Sci.*, 3: 35-40.
- Berg R.T. and Butterfield R.M. (1979). Nuevos conceptos sobre desarrollo de Ganado vacuno. Acribia. Zaragoza.
- Berg E.P. and Marchello M.J. (1994). Bioelectrical Impedance Analysis for the prediction of fat-free mass in lambs and lamb carcasses. *Journal of Animal Science.*, 72: 322-329.
- Bernardini, B.M., Castellini, C. and Lattaioli, P. (1995). Effect of sire strain feeding, age and sex on rabbit carcass. *World Rabbit Sci.* 3: 9-14.
- Bianospino, E., Wechsler, F.S., Fernandes, S., Roça, R.O. and Moura, A.S.A.M.T. (2006). Growth, carcass and meat quality traits of straightbred and crossbred botucatu rabbits. *World Rabbit Sci.*, 14: 237-246.
- Bielański, P. (2000). The effect of environmental conditions on the growth rate and slaughter performance of rabbits of selected breeds. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 27: 375-393.
- Blasco, A.; Estany, J. and Baselga M. (1982). Evaluación de la calidad de la canal en conejo. VII Symposium de cunicultura., pp. 55-64.
- Blasco, A., Baselga, M. and García, F. (1983). Análisis fenotípico de caracteres productivos en el conejo de carne. I. Caracteres de crecimiento. *Archiv. de Zootec.*, 123 (32): 111-130.

- Blasco, A., Ouhayoun, J. and Masonero, G. (1993). Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. *World Rabbit Sci.*, 1: 3-10.
- Cachaldora, P., Nicodemus, N., García, J., Carabaño, R. and De Blas, J.C. (2004). Efficacy of amylofeed® in growing rabbits. *World Rabbit Sci.*, 12: 23-31.
- Camps, J. (1993). Peso óptimo de las canales de conejo. *Universitat Autònoma de Barcelona. Cunicultura.*, pp. 7-15.
- Cantier, J., Vezinet, A., Rouvier, R. and Dauzier, L. (1969). Allométrie de croissance chez le lapin (*Oryctolagus cuniculus*). In *Proc: Principaux organes et tissus*. *Ann. Biol. Bioch. Biphys.*, 9: 539.
- Carabaño, R., Villamide, M.J., García, J., Nicodemus, N., Llorente, A., Chamorro, S., Menoyo, D., García-Rebollar, P., García-Ruiz, A.I. and De Blas, J.C. (2009). New concepts and objectives for protein-amino acid nutrition in rabbits: a review. *World Rabbit Sci.*, 17: 1-14.
- Castellini, C. and Bataglini, M. (1992). Prestazione produttiva e qualità delle carni di coniglio: influenza della concentrazione energetica della dieta e del sesso. *Zootecnica e Nutrizione Animale.*, 18: 251-258.
- Cervera, C. and Fernández Carmona, J. (2010). Climatic Environment. In: *Nutrition of the Rabbit*, 2nd Edition. C. de Blas and J. Wiseman (eds). ©CAB International., pp. 267-284.
- Chiericato, G.M., Rizzi, C. and Rostellato, V. (1993). Effect of genotype and environmental temperature on the performance of the young meat rabbit. *World Rabbit Sci.*, 1(3): 119-125.
- Chiericato, G.M., Rizzi, C. and Rostellato, V. (1996). Meat quality of rabbits of different genotypes reared in different environmental conditions. In *Proc. Proceeding of the 6th World Rabbit Congress*, Toulouse, France, 3: 141-145.
- Ciruzzi, B., Minoia, P., Bufano, G. and Muscio, A. (1973). Chemical characteristics of the meat and fat of rabbits of various breeds. *Ann. Fac. Agr. Univ. di Bari*, 26(2): 797-815.
- Close, W.H. and Stanier, M.W. (1984). Effects of plane of nutrition and environmental temperature on the growth and development of the early-weaned piglet. 2. Energy metabolism. *Anim. Prod.*, 38: 221-232.
- Cobos García, Á. (1993). Influencia de la dieta en la composición lipídica de la carne de conejo. PhD thesis, Facultad de Veterinaria. Universidad Complutense de Madrid. Madrid.
- Consigli R. (2001). ¿Qué es la calidad de la carne? 6ª Jornada El Negocio de la Carne. La Voz del Campo EEA INTA Manfredi, Argentina.
- Costantini, F. and Bosi, G. (1968). Aspetti produttivi e caratteristiche qualitative della carne di coniglio in rapporto alla razza e alla conservazione. *Ann. Fact Agr. Univ. Stu. Perugia*, 23: 161-181.

- D'Agata, M., Preziuso, G., Russo, C., Dalle Zotte, A., Mourvaki, E. and Paci, G. (2009). Effect of an outdoor rearing system on the welfare, growth performance, carcass and meat quality of a slow-growing rabbit population. *Meat Science*, 83: 691–696.
- Dal Bosco, A., Castellini, C. and Mugnai, C. (2002). Rearing rabbits on wire net floor or straw litter: behaviour, growth and meat quality traits. *Livestock Prod. Sci.*, 75: 149-156.
- Dalle Zotte, A. (2002). Perception of rabbit meat quality and major factors influencing rabbit carcass and meat quality. *Livest. Prod. Sci.*, 75(1): 11-32.
- Dalle Zotte A. and Ouhayoun J. (1998). Effect of genetic origin, diet and weaning weight on carcass composition, muscle physicochemical and histochemical traits in the rabbit. *Meat Sci.*, 50: 471-478.
- Dalle Zotte, A., Parigi Bini, R., Xiccato, G. and Cossu, M.E. (1997). Effetto della dieta e della durata del post-svezzamento sulla qualità della carcass e della carne di coniglio. *Proc. XII Congresso ASPA*, 23-26 June, Pisa, Italy, pp. 383-384.
- Daza A., Mateos A., Ovejero I. and López Bote C.J. (2006). Prediction of body composition in Iberian pig by means of Bioelectrical Impedance. *Meat Science*, 72: 43-46.
- De Blas, J.U., Pérez, E., Fraga, M.J., Rodríguez, J.M. and Gálvez, J.F. (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, C., García, J. and Carabaño, R. (1999). Role of fibre in rabbit diets. A review. *Ann. Zootech.*, 48: 3-13.
- De Blas, C., Mateos, G.G. (2010). Feed Formulation. In: *Nutrition of the Rabbit*, 2nd Edition. C. de Blas and J. Wiseman (eds). CAB International, pp. 222-232.
- Deltoro J. and López A.M. (1985). Allometric changes during growth in rabbits. *J. agric. Sci., Camb.*, 105: 339-346.
- Deltoro. J. and López, A. M. (1986). Development of comercial characteristics of rabbit carcasses during growth. *Livestock Prod. Sci.*, 15: 271-283.
- Deltoro, J, López, A.M. and Camacho, J. (1988a). Seasonal effects on the patterns of deposition of water, fat and protein in rabbit meat. *Meat Sci.*, 23(2): 87-97.
- Deltoro, J, López, A.M. and Camacho, J. (1988b). Ecuaciones de predicción de la composición química de la carne de conejo. *IV Congreso Mundial de Cunicultura*. Budapest, pp. 352.
- Eiben C.S., Mézes M., Zijártó N., Kustos K., Gódor-Surmann K. and Erdélyi M. (2004). Dose dependent effect of cellulase supplementation on performance of early-weaned rabbit. In *Proc. 8th World Rabbit Congress*, Puebla, México. pp. 799-804.
- Ebeid, T., Zeweil, H., Basyony, M. and Badry, H. (2012). The impact of incorporation of organic selenium into meat on growth performance, antioxidative status, and immune response in growing rabbits. In *Proc. 10th World Rabbit Congress*. Sharm El-Sheikh. Egypt. pp. 861-864.

- Fabre, C., Juvero, M.A., Blas, E., Fernández Carmona, J. and Pascual, J.J. (2006). Utilización de un pienso rico en fibra digestible e indigestible y pobre en almidón en conejos de engorde: ensayo en condiciones de campo. In Proc. XXXI Symposium de ASESCU. Lorca, España. pp 67-72.
- Falcao-e-Cunha, L., Castro-Solla, L., Maertens, L., Marounek, M., Pinheiro, V., Freire, J. and Mourao, J.L. (2007). Alternatives to antibiotic growth promoters in rabbit feeding: A review. *World Rabbit Sci.*, 15:127-140.
- Fekete, S. and Brown, D.L. (1993). The major chemical components of the rabbit whole body measured by direct chemical analysis, deuterium oxide dilution and total body electrical conductivity. *Journal of Veterinary Nutrition*, 2: 23-29.
- Fernández Martínez, C. (1993). Efecto de la incorporación de grasa en piensos fibrosos sobre la utilización digestiva de la dieta, crecimiento y calidad de la canal de conejos en cebo. PhD thesis. Universidad de Castilla-La Mancha. España.
- Fernández, C. and Fraga, M.J. (1996). The effect of dietary fat inclusion on growth, carcass characteristics, and chemical composition of rabbits. *J. Anim. Sci.*, 74: 2088-2094.
- Fortun-Lamothe, L., Lebas, F., Lamboley-Gaüzère, B. and Bannelier, C. (2002). Prediction of body composition in rabbit females using total body electrical conductivity (TOBEC). *Livestock Production Science*, 78: 133-142.
- Fourie, P.D. (1965). Grow and development of sheep with special reference to New Zealand breeds. PhD Thesis. University of Pretoria.
- Fraga, M.J., De Blas, J.C., Pérez, F., Rodríguez, J.M., Pérez, C.J. and Galvez, J.F. (1983). Effect of diet on chemical composition of rabbits slaughtered at fixed body weights. *J. Anim. Sci.*, 56(5): 1097-1105.
- Fraga, M.J., Torres, A., Pérez, E., Gálvez, J.F. and De Blas, J.C. (1978). Body composition in suckling rabbits. *J. Anim. Sci.*, 47: 166.
- Fraga, M.J., Pérez de Ayala, P., Carabaño, R. and De Blas, J.C. (1991). Effect of type of fiber on the rate of passage and on the contribution of soft faeces to nutrient intake on the rate of fattening rabbits. *Journal of Animal Science*, 69: 1566-1574.
- García, G., Gálvez, J.F. and De Blas, J.C., (1993). Effect of substitution of sugar beet pulp for barley in diets for finishing rabbits on growth performance and on energy and nitrogen efficiency. *J. Anim. Sci.*, 71: 1823-1830.
- García, J., Carabaño, R. and 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. and de Blas, J.C. (2002). Identification of the main factors that influence caecal fermentation traits in growing rabbits. *Anim. Res.*, 51: 165-173.
- García-Palomares, J., Carabaño, R., García-Rebollar, P., de Blas, C. and García Ruíz, 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-Ruiz, A.I., García Palomares, J., García-Rebollar, P., Chamorro, S., Carabaño, R. and de Blas, J.C. (2006). Effect of protein source and enzyme supplementation on ileal protein digestibility and fattening performance in rabbits. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 4: 297-303.
- Garitano, I., Liébana, C., Feliz de Vargas, E., Daza, A. and López Bote, C.J. 2012. Efecto de la sustitución del pienso convencional por cebada granulada, durante el periodo de acabado, sobre los resultados productivos, calidad de la canal, de la carne y de la grasa intramuscular de cerdos destinados a la producción de jamón de Teruel. *Información Técnica Económica Agraria*, 108 (3): 241-255.
- Gidenne, T. (1993). Measurement of the rate of passage in restricted-fed rabbits: effects of dietary cell wall level on the transit of fibre particles of different sizes. *Anim. Feed Sci. Technol.* 42: 151-163.
- Gidenne, T. (2003). Fibres in rabbit feeding for digestive troubles prevention: respective role of low-digested and digestible fibre. *Livest. Prod. Sci.*, 81: 105-117.
- Gidenne, T., Arveux, P. and Madec, O. (2001). The effect of the quality of dietary lignocellulose on digestion, performance and health of the growing rabbit. *Anim. Sci.*, 73: 97-104.
- Gidenne, T. and García, J. (2006). Nutritional strategies improving the digestive health of the weaned rabbit. In: Maertens, L., Coudert, P. (Eds.), *Recent Advances in Rabbit Sciences*. ILVO, Melle (Belgium), pp. 229-238.
- Gilka, J. (1975). Effect of fatigue in slaughter rabbits on the quality of their meat. *Vet. Med. Praha*, 20(2): 101-112.
- Gómez-Conde, M.S., Pérez de Rozas, A., Badiola, I., Pérez-Alba, L., de Blas, J.C., Carabaño, R. and García, J. (2009). Effect of neutral detergent soluble fibre on digestion, intestinal microbiota and performance in twenty five day old weaned rabbits. *Livest. Sci.* 125: 192-198.
- Gondret, F., Combes, S., Larzul, C. and de Rochambeau, H. (2002). Effect of divergent selection for body weight at a fixed age on histological, chemical and rheological characteristics of rabbit muscle. *Livestock Prod. Sci.*, pp. 76-81.
- Granat, J., Palanska, O., Zelnik, J., Bulla, J. and Palenik, S. (1977). The basic chemical composition of broiler rabbit meat. *Zivocisna Vyroba*, 22: 375-382.
- Gutiérrez, I., Espinosa, A., García, J., Carabaño, R. and De Blas, J.C. (2002). Effects of starch and protein sources, heat processing, and exogenous enzymes in starter diets for early weaned rabbits. *Animal Feed Science and Technology*, 98:175-186.
- Hernández, P. and Dalle Zotte, A. (2010). Influence of diet on rabbit meat quality. In *Nutrition of the Rabbit*, 2nd Edition. 2010, C. de Blas and J. Wiseman (eds). ©CAB International, pp. 163-178.
- Hernández, P., Pla, M. and Blasco, A. (1998). Carcass characteristics and meat quality of rabbit lines selected for different objectives: II. Relationships between meat characteristics. *Livest. Prod. Sci.*, 54: 125-131.

- Hernández, P., Aliaga, S., Pla, M. and Blasco, A. (2004). The effect of selection for growth rate and slaughter age on carcass composition and meat quality traits in rabbits. *J. Anim. Sci.*, 82: 3138-3143.
- Köver, G.I., Sorensen, P., Szendrő, Z.S. and Mililits, G. (1996). In vivo measurement of perirenal fat by magnetic tomography. In *Proc. 6th World Rabbit Congress*, Toulouse, France, 3: 191-194.
- Köver, G.I., Szendrő, Z.S., Romvari, R., Jensen, J.F., Sorensen, P., Mililits, G. (1998). In vivo measurement of body parts and fat deposition in rabbit by MRI. *World Rabbit Science*, 6: 1991-1994.
- Lambertini, L., Bergoglio, G., Masoero, G. and Gramenzi, A. (1996). Comparison between Provisal and Hyla rabbit strains. In *Slaughtering performances and muscle composition*. In *Proc. the 6th world Rabbit Congress*, Toulouse, France, 3, pp. 195-199.
- Lazzaroni, C., Biagini, D. and Lussiana, C. (2009). Different rearing systems for fattening rabbits: Performance and carcass characteristics. *Meat Sci.*, 82: 200-204.
- Lukaski, H.C., Bolonchuck, W.W., Hall, C.B. and Siders, W.A. (1985a). Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *Journal of Applied Physiology*, 60: 1327-1332.
- Lukaski, H.C., Johnson, P.E., Bolonchuk, W.W. and Lykken, G.I. (1985b). Assessment of fat-free mass using bioelectric impedance measurements of the human body. *American Journal of Clinical Nutrition*, 41: 810-817.
- Maertens, L. (1992). Selection scheme, performance level and comparative test of two lines of meat rabbits. *J. Appl. Rabbit Res.*, 15: 206-212.
- 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. *Ann. Zootech.*, 46: 255-268.
- Marchello, M.J. and Slinger, W.D. (1992). Use of bioelectrical impedance to predict leanness of Boston butts. *Journal of Animal Science*, 70: 3443-3450.
- Marchello, M.J. and Slinger, W.D. (1994). Bioelectrical Impedance can predict skeletal muscle and fat-free skeletal muscle of beef cows and their carcass. *J. Anim. Sci.*, 72: 3118-3123.
- Marchello, M.J., Slinger, W.D. and Carlson, J.K. (1999). Bioelectrical Impedance: fat content of beef and pork from different size grinds. *Journal of Animal Science*, 77: 2464-2468.
- Margüenda I., Carabaño R., García-Rebollar P., De Blas C. And García-Ruiz A.I. (2006). Effect of the substitution of starch sources or wheat straw with apple pulp on growth performance, mortality and carcass yield, under field conditions. In *Proc. 3rd Congreso de Cunicultura de las Américas*, Maringá, Brasil, 44: 1-6.
- Margüenda, I., Nicodemus, N., García-Rebollar, P., Villarroel, M., Sevilla, L., Vadillo, S. and Carabaño, R. (2008). Efecto del tiempo de ayuno sobre el rendimiento y la

- calidad microbiológica de la canal del conejo. In Proc. XXXIII Symposium de ASESCU. Calahorra, España, pp 24-27.
- Margüenda I., Nicodemus N., García-Rebollar P., Romero C., Sevilla L., Vadillo S. and Carabaño R. (2009). Efecto del nivel y tipo de fibra y del tiempo de ayuno sobre el rendimiento y la calidad microbiológica de la canal del conejo. In Proc. XXXIV Symposium de ASESCU. Sevilla, España, pp 115-120.
- Margüenda I., Nicodemus N., Vadillo S., Sevilla L., García Rebollar P., Villarroel M., Romero C. and Carabaño R. (2012). Effect of dietary type and level of fibre on rabbit carcass yield and its microbiological characteristics. *Livestock Sci.*, 145: 7-12.
- Martínez, P. and Fernández Carmona, J. (1981). Efecto de la temperatura ambiente sobre el engorde del conejo. In Proc. Departamento Zootecnia. Universidad Politécnica, Valencia. ISSN 0210-1998. 14: 23-25.
- Martínez-Vallespín, B., Martínez-Paredes, E., Ródenas, L., Moya, V.J., Cervera, C., Pascual, J.J. and Blas, E. (2013). Partial replacement of starch with acid detergent fibre and/or neutral detergent soluble fibre at two protein levels: Effects on ileal apparent digestibility and caecal environment of growing rabbits. *Livestock Sci.* 154: 123-130.
- Masoero, G., Riccioni, L., Bergoglio, G. and Napoletano, F. (1992). Implications of fasting and of transportation for a high quality rabbit meat product. *J. Appl. Rabbit Res.*, 15: 841-847.
- Mazzone, G., Vignola, G., Giammarco, M., Manetta, A.C. and Lambertini, L. (2010). Effects of loading methods on rabbit welfare and meat quality. *Meat Sci.*, 85: 33–39.
- Metzger, Sz., Kustos, K., Szendrő, Zs., Szabó, A., Eiben, Cs. and Nagy, I. (2003). The effect of housing system on carcass traits and meat quality of rabbit. *World Rabbit Sci.*, 11: 1-11.
- Metzger, Sz., Odermatt, M., Szendro, Zs., Mohaupt, M., Romvári, R., Makai, A., Biró-Németh, E., Sipos, L., Radnai, I. and Horn, P. (2006). A study of the carcass traits of different rabbit genotypes. *World Rabbit Sci.*, 14: 107-114.
- Nicodemus, N., Carabaño, R., García, J., Méndez, J. and de Blas, C., (1999). Performance response of lactating and growing rabbits to dietary lignin content. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, 80: 43–54.
- Nicodemus, N., Garcia, J., Carabano, R. and De Blas, C. (2006). Effect of a reduction of dietary particle size by substituting a mixture of fibrous by-products for lucerne hay on performance and digestion of growing rabbits and lactating does. *Livest. Sci.*, 100: 242–250.
- Nicodemus, N., Pereda, N., Romero, C. and García-Rebollar, P. (2009). Évaluation de la technique d'impédance bioélectrique (IBE) pour estimer la composition corporelle de lapines reproductives. *Procédure 13èmes Journées de la Recherche Cunicole*, pp. 109-112.

- Ouhayoun, J. (1980). Comparative development of the body components of three genetic types of rabbits during postnatal growth. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, 20: 949.
- Ouhayoun, J. (1984). Croissance et qualités bouchères du lapin. *Cuni. Sciences*, 11(4):181-188.
- Ouhayoun, J. (1989). La composition corporelle du lapin. Facteurs de variations. *INRA Pros. Anim.*, 2: 215-226.
- Ouhayoun J. (1991a). La calidad de la carne de conejo. Conferencia Zootech., Módena. Italia. *Boletín de Cunicultura* N° 55, pp. 31-36.
- Ouhayoun, J. (1991b). Sacrificio y calidad de la carne de conejo. *Cunicultura*, 16: 13-21.
- Ouhayoun, J. (1998). Influence of the diet on rabbit meat quality. The nutrition of the rabbit. De Blas, C. and Wiseman, J., (eds.). CAB International, Wallingford, UK, pp. 177-195.
- Ouhayoun, J., Gidenne, T. and Demarne, Y., (1985). Evolution post-natal de la composition en acides gras des lipides du tissu adipeux et du tissu musculaire chez le lapin en régime hypolipidique. *Reproduction, Nutrition Développement*, 25: 505-519.
- Ouhayoun, J., Rouvier, R., and Poujardieu, B. (1974). Relation génétiques entre les performances de croissance pondérale et le métabolisme du tissu musculaire du lapin. In *Proc. 1er Congrès Mondial de Génétique Appliquée à l'Elevage*. Madrid.
- Paci, G., Preziuso, G., D'Agata, M., Russo, C. and Dalle Zotte, A. (2013). Effect of stocking density and group size on growth performance, carcass traits and meat quality of outdoor-reared rabbits. *Meat Sci.*, 93: 162-166.
- Pascual, M. and Pla, M. (2007). Changes in carcass composition and meat quality when selecting rabbits for growth rate. *Meat Sci.*, 77: 474-481.
- Parigi Bini, R., Xiccato, G., Cinetto, M. and Dalle, A. (1992). Effect of slaughter age and weight on carcass and meat quality of the commercial rabbit. *J. Appl. Rabbit Res.*, 15: 819.
- Partridge, G.G., Findlay, M. and Fordyce, R.A. (1986). Fat supplementation of diets for growing rabbits. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 16:109-117.
- Pereda, N. (2010). Evaluación de la técnica del Análisis de Impedancia Bioeléctrica para predecir la composición corporal: aplicación en conejas sometidas a diferentes sistemas de alimentación durante la recría. PhD Thesis. Universidad Politécnica de Madrid.
- Pérez, E. (1978). Crecimiento de conejos en el periodo destete-venta. PhD Thesis. E.T.S.I.A. Madrid.
- Pérez, J.M., Gidenne, T., Lebas, F., Caudron, Y., Arveux, P., Bourdillon, A., Duperray, J. and Messenger, B. (1994). Apports de lignines et alimentation du lapin en croissance. 2. Conséquences sur les performances et la mortalité. *Ann. Zootech.*, 43: 323-332.

- Petracci, M., Verardo, V. and Cavani, C. (2012). Nuevas tendencias en el procesado de la carne de conejo. In Proc. XXXVIII Symposium de Cunicultura de ASESCU, pp: 12-21.
- Piles, M., Blasco, A. and Pla, M. (2000). The effect of selection for growth rate on carcass composition and meat characteristic of rabbits. Meat Sci., 54: 347-355.
- Pla, M. (1996). Carcass composition and meat quality of rabbits selected from different criteria. In Proc. 6th World Rabbit Congress, Toulouse, 2: 347-350.
- Pla, M., Hernández, P. and Blasco, A. (1996). Carcass composition and meat characteristics of two rabbit breeds of different degrees of maturity. Meat Sci., 44: 85-92.
- Price, J.F. and Schweigert, B.S. (1976). Ciencia de la Carne y de los productos cárnicos. Ed. Acribia. Zaragoza.
- Raimondi, R., De Maria, C., Auxilía, M. T. and Masoero, G. (1974). Effetto comparativo di diete a diverso contenuto energetico e proteico sulle caratteristiche chimico bromatologiche delle carni di coniglio. Ann. 1st. Sper. Zootec., 7: 45-61.
- Rao, D.R., Chen, C., Sunci, G.R. and Johnson, W.M. (1978). Effect of weaning and slaughter ages on rabbit meat production. II Carcass quality and composition. J. Anim. Sci., 46: 578-583.
- Real Decreto 1528/2012, de 8 de noviembre de 2012, por el que se establecen las normas aplicables a los subproductos animales y los productos derivados no destinados al consumo humano. Boletín Oficial del Estado N° 277, pp. 80199-80226.
- Rebollar, P.G., Pereda, N., Schwarz, B.F., Millán, P., Lorenzo, P.L. and Nicodemus, N. (2011). Effect of feed restriction or feeding high-fibre diet during the rearing period on body composition, serum, parameters and productive performance of rabbit does. Animal Feed Science and Technology, 163: 67-76.
- Reglamento (CE) N° 1069/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009, por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales y los productos derivados no destinados al consumo humano. Diario Oficial de la Unión Europea, pp. L 300/1-L 300/33.
- Richmond R.J. and Berg R.T. (1971). Tissue development in swine as influenced by liveweight, breed, sex and ration. Can. J. of Anim. Sci., 51:31-39.
- Rymkiewicz, J. and Lewczuk, A. (1999). A comparison of the body weight and slaughter value of Danish White and New Zealand White rabbits. Przegląd Hodowlany, 4: 26-28.
- Romero, C., Nicodemus, N., Rodríguez, J.D., García A.I. and de Blas, C. (2011). Effect of type of grinding of barley and dehydrated alfalfa on performance, digestion, and crude mucin ileal concentration in growing rabbits. J. Anim. Sci., 89: 2472-2484.
- Santomá, G., de Blas, J.C., Carabaño, R.M. and Fraga, M.J. (1987). The effects of different fats and their inclusion level in diets for growing rabbits. Anim. Prod. 45: 291-300.

- Saiz, A., Nicodemus, N., Abelleira, D., Fernández, A. and García-Ruiz, A.I. (2011a). Estudio de la composición corporal en conejos de 25 a 77 días de edad y aplicación de la técnica de impedancia bioeléctrica (BIA). In Proc. XXXVI Symposium de Cunicultura de ASESCU. Peñíscola, España, pp. 89-91.
- Saiz, A., Nicodemus, N., Abelleira, D., Fernández, A. and García-Ruiz, A.I. (2011b). Estima de la composición corporal en conejos de 25 a 77 días de edad mediante la técnica de impedancia bioeléctrica (BIA). In Proc. XXXVI Symposium de Cunicultura de ASESCU. Peñíscola, España, pp. 92-95.
- Saiz, A., García-Ruiz, A.I., Martin E., Fernández, A. and Nicodemus N. (2013a). Aplicación de la técnica de Impedancia Bioeléctrica al estudio de la composición química de la canal de conejos de 35 a 63 días de edad. In Proc. XXXVIII Symposium de Cunicultura de ASESCU. Zamora, España, pp. 162-165.
- Saiz, A., García-Ruiz, A.I., Martin E., Fernández, A. and Nicodemus N. (2013b). Evaluación de la técnica de Impedancia Bioeléctrica (BIA) para estimar la composición química de la canal de conejos de 35 a 63 días de edad. In Proc. XXXVIII Symposium de Cunicultura de ASESCU. Zamora, España, pp. 166-169.
- Schanbacher, B.D., Hahn, G.L. and Neinaber, J.A. (1982). Effects of contrasting photoperiods and temperatures on performance traits of confinement-reared ewe lambs. *J. Anim. Sci.*, 55(3): 620.
- Sequeira, J., Nicodemus, N., Carabaño, R. and Villamide, M.J. (2000). Effect of type of wheat and addition of enzymes on some digestive parameters at different sampling time. In Proc. 7th World Rabbit Congress. Valencia, Spain, pp. 437-444.
- Shanmuganathan T., Samarasinghe, K., and Wenk, C. (2004). Supplemental enzymes, yeast culture and effective micro-organism culture to enhance the performance of rabbits fed diets containing high levels of rice bran. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 17 (5): 678-683.
- Such, X. (1981). Caracterización de la canal y calidad de la carne de conejo consumido en España. In Proc: VI Symposium de Cunicultura. 3 y 4 de Diciembre.
- Sunki, G.R., Annapureddy, R. and Rao, D.R. (1978). Microbial, biochemical and organoleptic changes in ground rabbit meat stored at 5 to 7°C. *Journal of Animal Science*, 46 (3): 584-588
- Swantek, P.M., Crenshaw, J.D., Marchello, M.J. and Lukaski, H.C. (1992). Bioelectrical impedance: a non-destructive method to determine fat-free mass of live market swine and pork carcasses. *Journal of Animal Science*, 70: 169-177.
- Swantek, P.M., Marchello, M.J., Tilton, J.E. and Crenshaw, J.D. (1999). Prediction of fat-free mass pigs from 50 to 130 kilograms live weight. *Journal of Animal Science*, 77: 893-897.
- Szendrő, Zs. and Kustos, K. (1992). The effect of starvation on the carcass yield of New Zealand white rabbits. *J. Appl. Anim. Res.*, 15: 879-883.

- Szendrő Z.S., Horn P., Köver G.I., Berényi E., Radnai I., Biro-Nemeth E. 1992. In vivo measurement of the carcass traits of meat type rabbits by X-ray computerised tomography. *Journal of Applied Rabbit Research*, 15, 799-809.
- Taboada, E., Mendez, J. and De Blas, J.C. (1996). The response of highly productive rabbits to dietary sulphur amino acid content for reproduction and growth. *Reprod. Nutr. Dev.*, 16: 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. *Proc. 7th World Rabbit Congress*, Vol. C, 467-474.
- Trocino, A., Xiccato, G., Queaque, P.I. and Sartori, A. (2003). Effect of transport duration and gender on rabbit carcass and meat quality. *World Rabbit Sci.*, 11: 23-32.
- Trocino, A., Fragkiadakis, M., Majolini, D., Carabaño, R. and Xiccato, G. (2011). Effect of the increase of dietary starch and soluble fibre on digestive efficiency and growth performance of meat rabbits. *Anim. Feed Sci. and Technol.*, 165: 265–277.
- Tucker, H.A.; Petitclerc, D. and Zinn, S.A. (1984). The influence of photoperiod on body weight gain, body composition, nutrient intake, and hormone secretion. *J. Anim. Sci.*, 59: 1610.
- Villalobos, O., Guillén, O. and García, J. (2008). Effect of cage density on growth and carcass performance of fattening rabbits under tropical heat stress conditions. *World Rabbit Sci.*, 16: 89-97.
- Villena, P., García-Rebollar, P., Rebollar, P.G., Núñez, N., Nicodemus, N., Margüenda, I. and Carabaño, R. (2008). Effect of a high fibrous diet in the finishing period on carcass yield and meat quality of rabbits. In *Proc. 9th World Rabbit Congress. Verona-Ital*, pp. 1461-1465.
- Xiccato, G., Cinetto, M. and Dalle Zotte, A. (1993). Influenza del piano alimentare e dell'età di macellazione sulle prestazioni e sulla qualità della carcassa di coniglio. In *Proc. X Congresso ASPA*, 31 May – 3 June, Bologna, Italy, pp. 571-577.
- Xiccato, G., Cossu, M.E., Torcino, A. and Queaque, P.I. (1998). Influence du rapport amidon/fibre et de l'addition de graisse en post-sevrage sur la digestion, les performances zootechniques et la qualité bouchère du lapin. *Proc. 7 Journées de la Recherche Cunicole*, 13-14 May, Lyon, France. ITAVI, Paris, pp. 159-162.
- Xiccato, G. (1999). Feeding and meat quality in rabbits: a review. *World Rabbit Sci.*, 7(2): 75-86.
- Xiccato, G., Verga, M., Trocino, A., Ferrante, V., Queaque, P.I. and Sartori, A. (1999). Influence de l'effectif et de la densité par cage sur les performances productives, la qualité bouchère et le comportement chez le lapin. In *Proc. 8èmes Journées de la Recherche Cunicole*, Paris, France, pp. 59-62.
- Xiccato, G. and Trocino, A. (2010). Energy and protein metabolism and requirements. In *Nutrition of the Rabbit*, 2nd Edition. C. de Blas and J. Wiseman (eds). CAB International, pp. 83-118.

CAPÍTULO II: Efecto de la suplementación de un complejo enzimático sobre los parámetros productivos, composición de la canal, y excreción de nitrógeno, en gazapos en crecimiento.

1. Introducción

Actualmente, el incremento de la incidencia de patologías digestivas en conejos jóvenes (Carabaño *et al.*, 2008; de Blas *et al.*, 2012), el encarecimiento de las materias primas, y el uso, cada vez más común, de subproductos en los piensos de conejos, podrían hacer interesante la utilización de enzimas para mejorar la digestibilidad, los rendimientos productivos y la salud de los gazapos en crecimiento (Falçao-e-Cunha *et al.*, 2007). Además, cada vez hay una mayor preocupación por la contaminación del suelo (eutrofización, acumulación de sales y metales pesados), del agua (contaminación con nitratos) y del aire (gases contaminantes, formación de aerosoles, olores) debidas, entre otros, al exceso de nitrógeno procedente de la producción ganadera. Esta preocupación es más patente en los países de la Unión Europea donde ya empieza a ser una realidad, con leyes que tratan de controlar la producción de nitrógeno (N) en las explotaciones, como p.ej. en Holanda y en Bélgica (Maertens *et al.*, 2005). De hecho ya hay una normativa europea que regula la producción de desechos de las explotaciones (Reglamento CE N° 1069/2009), que se aplica en España por el Real Decreto 1528/2012, de 8 de noviembre. En conejos, aproximadamente 2/3 del N ingerido es excretado (Carabaño *et al.*, 2009), y por tanto una mejor digestibilidad de los piensos podría disminuir la excreción de N de las explotaciones. Por otra parte, un menor contenido digestivo podría aumentar el rendimiento a la canal, supondría una reducción de los desechos producidos en matadero, y por tanto menos gastos por la eliminación de residuos y una menor contaminación ambiental (Margüenda *et al.*, 2012).

Las enzimas son moléculas de naturaleza proteica que catalizan reacciones químicas en unas condiciones determinadas (de pH y temperatura), haciendo que una reacción química que es energéticamente posible, pero que transcurre a una velocidad muy baja, transcurra a mayor velocidad que sin la presencia de la enzima (Smith *et al.*, 1997; Grisham *et al.*, 1999). Son producidas por todos los seres vivos y muchas de ellas participan en la digestión, estas enzimas que actúan en el proceso digestivo pueden ser endógenas (producidas por el propio animal, en distintas partes del tracto digestivo, en cantidad variable según la edad y la especie animal) o exógenas (provenientes del alimento, las enzimas que se suplementan en los piensos suelen ser de origen fúngico y bacteriológico) (Biovet, 2008). Las enzimas exógenas una vez en el tubo digesto se digieren como las demás proteínas. Por ello, no dejan residuos en las heces ni en la orina, y tampoco es necesario tiempo de retirada en animales alimentados con raciones que usen una o varias enzimas (Rojas Méndez, 2011), por lo que tienen una buena aceptación por los consumidores de la Unión Europea (Biovet, 2008).

Los estudios sobre la utilización de enzimas en cunicultura son escasos y en muchas ocasiones, los resultados son contradictorios. En algunos trabajos, la suplementación enzimática mejora la mortalidad, la digestibilidad de algunos nutrientes y/o los rendimientos productivos (Gutiérrez *et al.*, 2002a; Cachaldora *et al.*, 2004; Eiben *et al.*, 2004; García-Ruiz *et al.*, 2006). Sin embargo, en otros estudios (Sequeira *et al.*, 2000; Falcao-e-Cunha *et al.*, 2004; García-Palomares *et al.*, 2006) no se observaron mejoras con la adición de enzimas sobre ninguno de estos parámetros. Por otra parte, los trabajos que estudian el efecto del suministro de enzimas sobre el rendimiento de la canal son todavía más escasos, y con igual disparidad de resultados (Shanmuganathan *et al.*, 2004; Abaza y Omara, 2011). Esta escasez de respuestas claramente positivas y de la

variabilidad de resultados pueden ser debidos a que el contenido cecal de conejos de 4 semanas de edad contiene la mayoría de la actividad total de las pectinasas (0,43), amilasas (0,45), lactasas (0,57), xilanasas (0,65), celulasas (0,69), β -glucosidasas (0,70) y ureasas (0,80) presentes en el tracto digestivo del conejo, y que estos valores aumentan con la edad (Marounek *et al.*, 1995). Y también podrían deberse a la peculiar fisiología digestiva del conejo, y en particular, al hecho de la cecotrofia, ya que a lo largo de todo el tracto digestivo se pueden encontrar enzimas microbianas (Marounek *et al.*, 1995).

De todas formas esto no excluiría del todo el interés de la suplementación enzimática, pero probablemente lo restrinja para fases concretas en la vida del conejo; o a la suplementación con enzimas exógenas, en los piensos menos digestibles, puesto que es en estos donde suele observarse un empeoramiento del rendimiento de la canal (Margüenda *et al.*, 2012), de los parámetros productivos y de la retención de nitrógeno (García *et al.*, 1993). En estos casos, las enzimas exógenas podrían mejorar la eficacia de utilización y la retención de los nutrientes y por lo tanto, los parámetros productivos; permitiendo el uso de otro tipo de materias primas, más baratas y/o que no compitan con la alimentación humana, generalmente de peor calidad pero que con la suplementación de enzimas puede tener unos rendimientos iguales a los hasta ahora obtenidos.

Por tanto, el objetivo de este trabajo, ha sido estudiar, en un primer experimento, el efecto de la dosis óptima de inclusión (0, 100, 200, 400 y 800 ppm) de un compuesto multienzimático en un pienso convencional y en un segundo experimento, analizar el efecto del nivel de suplementación de este compuesto multienzimático, en dos piensos con diferente contenido en proteína y energía digestible, sobre los rendimientos productivos, la excreción y retención de nitrógeno, y las características de la canal de conejos en crecimiento.

2. Material y métodos

2.1. Animales y alojamiento

Ambos experimentos se realizaron en el *Poultry and Rabbit Research Centre* (PRC) de Nutreco S.A. (Toledo). Para la prueba de crecimiento se utilizaron 225 gazapos de ambos sexos para el experimento 1 y 180 gazapos para el experimento 2, híbridos comerciales de raza Neozelandés x Californiano, destetados a 34 días de edad, que fueron alojados en jaulas individuales (25x44cm). Todas ellas disponían de un comedero individual y un bebedero de chupete y se controlaron las condiciones ambientales. La iluminación fue de 12 h luz y 12 h oscuridad, con ventilación dinámica de extracción lateral y la temperatura osciló entre 20 y 24 °C.

2.2. Piensos

2.2.1. Experimento 1

Los gazapos se asignaron al azar a cinco tratamientos (A0, A100, A200, A400, A800), que se obtuvieron a partir de un pienso experimental (A) fabricado según las recomendaciones de Blas y Mateos (2010).

2.2.2. Experimento 2

Los gazapos se asignaron al azar a cuatro tratamientos (A0, B0, B100 y B200) que se obtuvieron a partir de dos piensos experimentales, uno de ellos (Pienso A) fue el mismo que se utilizó en el experimento 1, y otro (Pienso B), se formuló para que tuviera un menor contenido en ED y en PD que el pienso A.

Para los dos experimentos, la letra del tratamiento indica el tipo pienso que se les suministró, y el número, la dosis, en ppm, en la que se suplementó el complejo enzimático. En las Tablas 2 y 3, se muestran los ingredientes y la composición química de los dos piensos experimentales.

El complejo enzimático que se utilizó es un subproducto de la fermentación en estado sólido de *Aspergillus Niger* que contiene actividad enzimática residual (Tabla 1).

Tabla 1. Actividad enzimática del complejo utilizado (según fabricante).

| <u>Enzima</u> | <u>Actividad enzimática</u> |
|---------------|-----------------------------|
| Amilasa | 30 FAU/g |
| Pentosanasa | 100 XU/g |
| Celulasa | 40 CMC/g |
| Proteasa | 700 HUT/g |
| Xilanasa | 100 XU/g |
| Pectinasa | 4000 AJDU/g |
| B-glucanasa | 200 U/g |

Tabla 2. Composición en ingredientes de los dos piensos experimentales.

| <u>Composición en ingredientes, %</u> | <u>Pienso A</u> | <u>Pienso B</u> |
|---------------------------------------|-----------------|-----------------|
| Harina de Girasol | 10,5 | 13,0 |
| Harina de Soja | 1,71 | 0,69 |
| Trigo | 1,57 | 14,5 |
| Salvado de trigo | 20,0 | 10,8 |
| Cebada | 23,3 | 14,6 |
| Pulpa de remolacha | 8,00 | 7,38 |
| Alfalfa | 25,0 | 18,1 |
| Paja de trigo | 5,00 | 15,0 |
| Aceite de soja | 1,50 | 1,50 |
| Súper NL-310-CL ¹ | 0,30 | 0,30 |
| Sal | 0,60 | 0,60 |
| CaCO ₃ | 1,08 | 1,31 |
| Sepiolita | 1,31 | 2,00 |
| L-Lisina | 0,13 | 0,20 |
| L-Treonina | 0,06 | 0,07 |

¹Suministrado por Trouw Nutrition. Corrector minero vitamínico: Calcio: 0,44 g/kg; Sodio: 0,33 g/kg; E5 Manganese (Mn₂O₃): 20,00 mg/kg; E6 Zinc (ZnO): 60,00 mg/kg; E4 Cobre (CuSO₄·5H₂O): 18,00 mg/kg; E2 Yodo (KI): 1,10 mg/kg; E3 Cobalto (carbonato básico cobaltoso, monohidratado): 0,49 mg/kg; E8 Selenio (Na₂SeO₃): 0,05 mg/kg; E1 Hierro (FeCO₃): 78,00 mg/kg; E672 Vitamina A: 10000,00 UI/kg; E671 Vitamina D3 : 1080,00 UI/kg; 3a700 Vitamina E/acetato de todo-rac-alfa-tocoferilo: 36,00 UI/kg; Vitamina K: 1,00 mg/kg; Vitamina B1: 2,00 mg/kg; Vitamina B2: 6,00 mg/kg; Vitamina B6: 2,00 mg/kg; Vitamina B12: 10,00 mcg/kg; Niacina: 50,00 mg/kg; Pantotenato cálcico: 20,00 mg/kg; Ácido pantoténico: 18,40 mg/kg; Ácido Fólico: 5,00 mg/kg; Biotina: 60,00 mcg/kg; Cloruro de Colina: 260,00 mg/kg; E562 Sepiolita: 0,38 g/kg; E320 Butilhidroxianisol (BHA): 0,12 mg/kg; E321 Butilhidroxitolueno (BHT): 1,32 mg/kg; E324 Etoxiquina: 0,19 mg/kg; E771 Diclazuril 0,5 g/100 g (Clinacox 0,5 %): 1,00 mg/kg; Magnesio (MgO): 0,24 g/kg.

Tabla 3. Composición química de los dos piensos experimentales.

| <u>Composición química, % MS</u> | <u>Pienso A</u> | <u>Pienso B</u> |
|---|------------------------|------------------------|
| Materia seca | 90,5 | 90,9 |
| Proteína Bruta | 17,6 | 15,8 |
| Fibra Bruta | 16,4 | 18,6 |
| Cenizas | 8,88 | 9,49 |
| Almidón (enzimático) | 17,4 | 17,5 |
| Fibra Neutro Detergente | 35,9 | 37,4 |
| Fibra Ácido Detergente | 21,5 | 22,4 |
| Lignina Ácido Detergente | 4,43 | 4,58 |
| Energía Digestible (ED) | | 9,79 |
| (MJ/Kg) | 10,5 | |
| Proteína Digestible (PD) | 12,2 | 10,7 |
| PD/ED | 11,0 | 10,9 |

2.3. Parámetros productivos

Se controló el consumo medio diario y el peso de los animales en dos periodos, de 34 a 48 días y de 49 a 60 días de vida, así como el índice de conversión y la mortalidad diaria durante el cebo.

2.4. Rendimiento canal

Al final de cebo (61 días de edad), 24 gazapos por tratamiento fueron seleccionados para la determinación del rendimiento de la canal. Los animales fueron sacrificados de acuerdo con los requerimientos dispuestos en la Convención Europea para la protección de los animales vertebrados usados para experimentación y otras causas científicas, (Directiva 2010/63/UE). Se midió el peso vivo previo al sacrificio (PVG) y el peso de la canal tras su enfriado a 4°C (PCF) que incluyó la cabeza, el hígado los riñones y los órganos localizados en tórax y cuello, y se calculó el rendimiento a la canal (PCF*100/PVG); también se pesó el tracto digestivo completo, el hígado, el ciego y el estómago tanto lleno como vacío.

2.5. Prueba de digestibilidad *in vivo*

Se determinó la digestibilidad aparente de la materia seca (MS), materia orgánica (MO), energía bruta (EB), proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FND) y extracto etéreo (EE) en 11 gazapos por tratamiento, según las indicaciones del método de referencia europea para la determinación *in vivo* de la digestibilidad de la dieta en conejos recomendado por Pérez *et al.* (1995).

2.6. Estimación de la composición química corporal

Para la estimación de la composición química corporal *in vivo* y de la canal se utilizó el método de impedancia bioeléctrica (BIA), a través de las ecuaciones desarrolladas por Saiz *et al.* (2011 a y b y 2013 a y b). Se midió en 15 gazapos por tratamiento, por duplicado, bloqueados por camada, a los 34 y a los 60 días de edad.

2.7. Balance de nitrógeno y de energía

Se utilizaron un total de 11 gazapos por tratamiento. Con la proteína digestible (PD) calculada en la prueba de digestibilidad, calculamos el N digestible ingerido (ND_i) y

estimamos el N excretado en heces (N_{Eh}) y en orina (N_{Eo}), suponiendo que el N no digestible es el que se excreta con las heces, y el N digerido menos el retenido en el animal vivo (N_{RT}) (incluidas las vísceras) es el que se excreta a través de la orina, en forma de urea:

$$N_i = \text{Consumo de pienso} \times [PB]_{\text{pienso}} / 6,25$$

$$ND_i = \text{Consumo de pienso} \times [PD]_{\text{pienso}} / 6,25$$

$$N_{Eh} = N_i - ND_i$$

$$N_{RT} = ([PB]_{\text{corporal 60d}} - [PB]_{\text{corporal 34d}}) / 6,25$$

$$N_{Eo} = ND_i - N_{RT}$$

Para la estimación de la posible excreción de nitrógeno en matadero ($N_{EMatadero}$), se calculó la diferencia entre el N total retenido en el cuerpo (N_{RT}) y el N retenido en la canal (N_{RC}). Siendo N_{RC} calculado a través de la siguiente ecuación:

$$N_{RC} = ([PB]_{\text{canal 60d}} - [PB]_{\text{canal 34d}}) / 6,25$$

Para la estimación del balance de energía se procedió de la misma forma.

2.8. Análisis químico de las dietas

Todos los análisis químicos, tanto de los piensos como de las heces, se realizaron por duplicado, siguiéndose los procedimientos descritos por la AOAC (2005) para la determinación de MS (942,05) de PB (968,06 N x 6,25; FP-528 LECO®, St. Joseph, MI (USA)) y cenizas (967,05). El contenido en almidón de los piensos se determinó mediante polarimetría. La fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y la lignina ácido detergente (LAD) fueron determinadas de acuerdo al método secuencial descrito por Van Soest *et al.* (1991). La energía bruta se determinó mediante bomba adiabática calorimétrica (Model 6100, Parr Instrument Company, Moline, IL). Y para determinar el extracto etéreo (EE) se realizó una hidrólisis ácida, tratando la muestra en caliente con ácido clorhídrico. Posteriormente se filtró y el residuo se sometió a análisis (RD 609/1999 n°4).

2.9. Análisis estadísticos

2.9.1. Experimento 1

El análisis estadístico de todas las variables se ha realizado mediante contrastes polinomiales lineales y cuadráticos, con el procedimiento GLM de SAS vs 9.2 (Statistical Systems Institute Inc., 2002). Para todos los análisis se utilizó el peso inicial como covariable, y la camada como bloque, excepto para los análisis de la composición química a los 60 días (EB, PB, EE, cenizas, agua) y de la variación de ésta lo largo del cebo, que se utilizó como covariable el valor inicial (a los 34 días) de cada componente.

2.9.2. Experimento 2

Los resultados productivos, de la composición y del rendimiento de la canal, se analizaron como un diseño al azar con una estructura factorial 3x2, incluyendo la camada como bloque. Los datos de digestibilidad, y del balance de nitrógeno y de energía, se analizaron como una estructura factorial 2x2. Todas las medidas fueron

corregidas por el peso al destete, que fue incluido en el modelo como covariable, a excepción de los análisis de la composición química a 60 días (EB, PB, EE, cenizas, agua) y del incremento de ésta a lo largo del cebo, que se utilizó como covariable el valor inicial (a los 34 días) de cada elemento. El análisis estadístico de todas las variables ha sido realizado utilizando un análisis de varianza con el procedimiento GLM del SAS vs 9.2 (Statistical Systems Institute Inc., 2002).

3. Resultados y Discusión

3.1. Experimento 1

Los resultados sobre parámetros productivos de los conejos según la dosis de inclusión del complejo enzimático se muestran en la Tabla 4. En la primera fase del cebo (de 34 a 48 días de edad), la suplementación enzimática mejoró linealmente ($P < 0,05$) el índice de conversión (IC), sin afectar al consumo medio diario (CMD) ni a la ganancia media diaria (GMD). En varios trabajos ya se ha puesto de manifiesto que la suplementación con enzimas tiene un efecto positivo sobre la eficacia alimenticia (Gutiérrez *et al.*, 2002a; Eiben *et al.*, 2004; Cahaldora *et al.*, 2004; Attia *et al.*, 2012), especialmente en las primeras etapas del periodo de engorde. Este efecto se explicaría por una utilización más eficaz de los nutrientes (Gutiérrez *et al.*, 2002a; García-Palomares *et al.*, 2006), sobre todo en los animales jóvenes, en los que su actividad enzimática endógena se va desarrollando con la edad (Dojanan *et al.*, 1998).

En la segunda fase del periodo de engorde (de 49 a 60 d), tanto el IC como la GMD variaron de forma cuadrática ($P < 0,05$) con el nivel de inclusión del complejo enzimático, siendo el nivel óptimo para ambos parámetros 400 ppm/kg. Un resultado similar obtuvieron Attia *et al.* (2012), que a dosis altas (750 ppm) de un compuesto multi-enzimático, observaron que empeoró el peso vivo de los conejos a las ocho semanas de vida. Estos resultados indicarían que existe una dosis óptima de suplementación enzimática en función de la concentración de sustrato, como ya se ha observado en otros estudios (Fraihia *et al.*, 1997).

Sin embargo, en el periodo global de cebo estos efectos se pierden, y esta falta de efecto pudo deberse a la baja mortalidad que hubo en este estudio (1,39 %) y a las óptimas condiciones experimentales del mismo, ya que hay trabajos (Gutiérrez *et al.*, 2002a y Cahaldora *et al.*, 2004) en los que la adición de enzimas redujo la mortalidad con respecto al control. Esta limitación del efecto positivo de las enzimas, fue también detectada por Cahaldora *et al.* (2004), en una prueba con α -amilasas, en la que realizaron dos experimentos. En uno de ellos, en el que había una mortalidad elevada (20,5%, con bastante incidencia de diarreas), vieron un efecto muy positivo de las enzimas respecto al control (disminución de la mortalidad de hasta un 27 %; $P = 0,03$; mejora IC (+16%), $P = 0,04$; GMD, $P = 0,01$), mientras que en el otro experimento, con apenas mortalidad (2,6 % y casi sin diarreas), no observaron ningún efecto significativo del uso de enzimas.

Las características de la canal se muestran en la Tabla 5. Las enzimas no tuvieron efecto sobre el rendimiento a la canal que fue de media un 57,8 %. Sólo hubo un efecto significativo ($P < 0,05$) para el peso del aparato digestivo respecto al peso vivo del animal, que aumentó de forma lineal con la dosis de inclusión de las enzimas. Este resultado coincide con el obtenido por Abaza y Omara (2011) que aunque, al igual que en este trabajo, no encontraron efectos sobre el rendimiento ni el peso de la canal, sí que observaron que los conejos alimentados con piensos con enzimas tuvieron un mayor

peso relativo de las vísceras. Este mayor peso del aparato digestivo puede deberse a la peor digestibilidad que se encontró en los piensos suplementados con enzimas (Tabla 6).

Tabla 4. Efecto de la suplementación creciente de enzimas (100, 200, 400 y 800 ppm) sobre los parámetros productivos de gazapos de 34 a 60 días de edad.

| | Basal (B) | B+ 100ppm | B+ 200ppm | B+ 400ppm | B+ 800ppm | EEM ¹ | <i>P-valor</i> | |
|-----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------------|----------------|----------|
| | | | | | | | <i>L</i> | <i>Q</i> |
| <i>1ª fase de 34 a 48 d</i> | | | | | | | | |
| Peso 34 d, g | 823 | 809 | 832 | 798 | 821 | 12,2 | NS | NS |
| Peso 48 d, g | 1680 | 1657 | 1645 | 1666 | 1679 | 11,5 | NS | NS |
| GMD, g/d | 61,6 | 60,0 | 59,1 | 60,6 | 61,5 | 0,82 | NS | NS |
| CMD, g/d | 125 | 120 | 121 | 121 | 122 | 1,36 | NS | NS |
| IC, g/g | 2,03 | 2,01 | 2,04 | 2,00 | 1,99 | 0,01 | <0,05 | NS |
| <i>2ª fase de 49 a 60 d</i> | | | | | | | | |
| Peso 60 d, g | 2295 | 2287 | 2264 | 2315 | 2300 | 15,9 | NS | NS |
| GMD, g/d | 51,3 | 52,5 | 51,6 | 54,1 | 51,7 | 0,69 | NS | <0,05 |
| CMD, g/d | 164 | 167 | 166 | 166 | 168 | 1,71 | NS | NS |
| IC, g/g | 3,21 | 3,19 | 3,23 | 3,08 | 3,26 | 0,03 | NS | <0,05 |
| <i>Cebo completo de 34 a 60 d</i> | | | | | | | | |
| GMD, g/d | 56,8 | 56,5 | 55,6 | 57,6 | 57,0 | 0,61 | NS | NS |
| CMD, g/d | 143 | 142 | 141 | 142 | 143 | 1,34 | NS | NS |
| IC, g/g | 2,52 | 2,51 | 2,54 | 2,46 | 2,52 | 0,02 | NS | NS |

¹EEM: Error estándar medio (n = 45); NS: no significativo (P > 0,1). GMD: ganancia media diaria; CMD: Consumo medio diario; IC: Índice de Conversión.

Tabla 5. Efecto de la suplementación creciente de enzimas (100, 200, 400 y 800 ppm) sobre las características de la canal.

| | Basal (B) | B+ 100ppm | B+ 200ppm | B+ 400ppm | B+ 800ppm | EEM ¹ | <i>P-valor</i> | |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------------|----------------|----------|
| | | | | | | | <i>L</i> | <i>Q</i> |
| PV Sacrificio, g | 2372 | 2321 | 2347 | 2373 | 2364 | 16,7 | NS | NS |
| Peso canal, g | 1380 | 1332 | 1359 | 1368 | 1366 | 11,5 | NS | NS |
| Rendimiento canal, % | 58,2 | 57,4 | 57,9 | 57,6 | 57,8 | 0,29 | NS | NS |
| <i>Peso; % PV:</i> | | | | | | | | |
| Aparato digestivo | 17,4 | 17,8 | 17,6 | 17,9 | 18,2 | 0,25 | <0,05 | NS |
| Hígado | 4,17 | 4,19 | 4,40 | 4,18 | 4,25 | 0,11 | NS | NS |
| Estómago lleno | 4,25 | 4,62 | 4,21 | 4,55 | 4,58 | 0,14 | NS | NS |
| Estómago vacío | 0,89 | 0,96 | 0,94 | 0,94 | 0,95 | 0,02 | NS | NS |
| Ciego lleno | 6,55 | 6,67 | 6,92 | 6,66 | 6,87 | 0,17 | NS | NS |

¹EEM: Error estándar medio (n = 24); NS: no significativo (P > 0,1); PV: Peso Vivo.

Tabla 6. Efecto de la suplementación creciente de enzimas (100, 200, 400 y 800 ppm) sobre la digestibilidad.

| | Basal (B) | B+ 200ppm | B+ 400ppm | B+ 800ppm | EEM ¹ | <i>P-valor</i> | |
|------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------------|----------------|----------|
| | | | | | | <i>L</i> | <i>Q</i> |
| <i>Consumo, g/d:</i> | | | | | | | |
| Materia Seca | 150 | 154 | 155 | 151 | 5,10 | NS | NS |
| Materia Orgánica | 136 | 142 | 142 | 138 | 4,73 | NS | NS |
| <i>Digestibilidades (%):</i> | | | | | | | |
| Materia Seca | 58,4 | 57,3 | 56,8 | 56,6 | 0,48 | <0,05 | NS |
| Materia Orgánica | 60,3 | 58,9 | 58,9 | 58,4 | 0,50 | <0,05 | NS |
| Proteína Bruta | 69,3 | 67,1 | 68,0 | 67,5 | 0,80 | NS | NS |
| Energía Bruta | 59,1 | 58,5 | 57,1 | 56,8 | 0,47 | <0,05 | NS |
| FND | 19,2 | 20,8 | 20,0 | 19,1 | 1,11 | NS | NS |
| Extracto Etéreo | 86,6 | 86,4 | 85,6 | 84,7 | 0,45 | <0,05 | NS |

¹EEM: Error estándar medio (n = 11); NS: no significativo (P > 0,05). FND: Fibra Neutro detergente.

Se observó un empeoramiento lineal ($P < 0,05$) sobre la digestibilidad de la MS, de la MO, de la EB, y del EE al aumentar la dosis enzimática, pero el consumo de MS y de MO, así como la digestibilidad de la PB, cenizas y FND, no se vieron afectados significativamente ($P > 0,05$) por la dosis utilizada. Este empeoramiento de la digestibilidad no llegó a afectar a los parámetros productivos (GMD, CMD, IC) en los que no hubo diferencias entre tratamientos durante el cebo (34 a 60 días de edad). Estos resultados negativos sobre la digestibilidad, están de acuerdo con los encontrados por Bolis *et al.* (1996), que vieron un efecto perjudicial sobre la digestibilidad de la ED y la EM, al añadir un complejo enzimático, también de origen fúngico, en un pienso basal con un alto contenido en fibra (52,5 % FND) en conejos adultos. Un efecto negativo en la digestibilidad de la MS y la MO al suplementar con enzimas también fue observado por Castrovilli *et al.* (1995). En la mayor parte de los trabajos (Falcao-e-Cunha *et al.* 2007) no se encuentran mejoras significativas sobre la digestibilidad con el uso de enzimas, aunque en algunos estudios sí que se ha observado alguna mejora de la digestibilidad (Makled *et al.*, 2005; García-Ruiz *et al.*, 2006; Abaza y Omara, 2011).

El empeoramiento de la digestibilidad observado en este trabajo, podría deberse a algún tipo de interacción entre la actividad enzimática y la fisiología digestiva del conejo, o entre las enzimas endógenas del animal (Bolis *et al.*, 1996), así como entre las propias enzimas exógenas. Según un trabajo de Barekatin *et al.*, (2013), realizado en pollos, en el que añadieron xilanasas y proteasas, juntas y por separado, vieron que podía haber una interacción negativa entre ambas, al no encontrar los mismos resultados positivos que se observaron al añadirlas por separado. Esta hipótesis, de la posible interacción de las proteasas con otras enzimas exógenas, también ha sido propuesta por otros autores (Naveed *et al.*, 1998; Olukosi *et al.*, 2007). Por otra parte, en un trabajo de Attia *et al.* (2012) observaron que al añadir en conejos un complejo enzimático que contenía β -glucanasas, celulasas, α -amilasas, proteasas y lipasas, no había interacción con las proteasas endógenas, y que había un efecto positivo de las enzimas exógenas sobre el PVF y un aumento de la actividad de la amilasa, lipasa y proteasa en el suero, en los tejidos pancreáticos y en el contenido intestinal. Sin embargo, y como se pone de manifiesto en la bibliografía, todavía no se conoce en profundidad el funcionamiento de

la proteasa exógena sobre la fisiología digestiva, y menos sobre la interacción entre proteasas y xilanasas (Barekatin *et al.*, 2013).

Ni la composición corporal de los gazapos *in vivo* a los 60 días de edad, ni la composición de las canales (Tablas 7 y 8, respectivamente) se vio afectada ($P>0,05$) por los distintos niveles de suplementación del complejo enzimático. Tampoco se vieron afectados los aumentos relativos de peso, humedad, proteína, cenizas, extracto etéreo, ni de energía. Estos resultados van en coherencia con los obtenidos sobre los parámetros productivos, en los que no se vio afectado el peso vivo final, que es uno de los parámetros que más afectaría a la composición química corporal. Además, para llegar a tener efecto sobre la composición corporal, la ingesta de energía y/o proteína debería ser mayor o menor de la cantidad diaria óptima (Xiccato, 1999).

Tabla 7. Efecto de la suplementación creciente de enzimas (100, 200, 400 y 800 ppm) sobre la composición química *in vivo* a los 60 días y el incremento relativo al peso inicial de cada componente.

| | Basal (B) | B+ 100ppm | B+ 200ppm | B+ 400ppm | B+ 800ppm | EEM ¹ | P-valor | |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------------|---------|----|
| | | | | | | | L | Q |
| <u>Composición canal 60 d (% MS):</u> | | | | | | | | |
| Proteína | 49,2 | 49,3 | 49,8 | 48,9 | 49,2 | 0,35 | NS | NS |
| Cenizas | 9,80 | 9,75 | 9,97 | 9,83 | 9,84 | 0,15 | NS | NS |
| Extracto Etéreo | 34,2 | 33,6 | 33,4 | 34,3 | 34,1 | 0,61 | NS | NS |
| Energía Bruta (KJ/100 g) | 2315 | 2302 | 2296 | 2311 | 2316 | 12,8 | NS | NS |
| <u>Variación relativa (de 34 a 60 días), %:</u> | | | | | | | | |
| Δ Peso | 189 | 184 | 180 | 189 | 187 | 4,74 | NS | NS |
| Δ Humedad | 159 | 156 | 153 | 159 | 159 | 3,50 | NS | NS |
| Δ Proteína | 200 | 194 | 191 | 199 | 197 | 5,58 | NS | NS |
| Δ Cenizas | 175 | 169 | 164 | 171 | 167 | 5,14 | NS | NS |
| Δ Extracto Etéreo | 730 | 816 | 643 | 1170 | 703 | 212 | NS | NS |
| Δ Energía | 398 | 392 | 353 | 430 | 378 | 26,7 | NS | NS |

¹EEM: Error estándar medio (n = 15). NS: no significativo ($P > 0,1$).

Tabla 8. Efecto de la suplementación creciente de enzimas (100, 200, 400 y 800 ppm) sobre la composición química en la canal a los 60 días y el incremento relativo al peso inicial de cada componente.

| | Basal (B) | B+ 100ppm | B+ 200ppm | B+ 400ppm | B+ 800ppm | EEM ¹ | P-valor | |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------------|---------|----|
| | | | | | | | L | Q |
| <i>Composición canal 60 d (% MS):</i> | | | | | | | | |
| Proteína | 53,4 | 53,7 | 54,3 | 53,3 | 53,6 | 0,73 | NS | NS |
| Cenizas | 14,2 | 14,2 | 14,6 | 14,3 | 14,1 | 0,15 | NS | NS |
| Extracto Etéreo | 30,2 | 29,9 | 28,2 | 29,5 | 30,2 | 0,84 | NS | NS |
| Energía Bruta (KJ/100 g) | 2104 | 2110 | 2047 | 2094 | 2104 | 18,6 | NS | NS |
| <i>Variación relativa (de 34 a 60 días), %:</i> | | | | | | | | |
| Δ Peso (%) | 188 | 186 | 186 | 188 | 187 | 4,14 | NS | NS |
| Δ Humedad (%) | 215 | 215 | 216 | 214 | 218 | 4,40 | NS | NS |
| Δ Proteína (%) | 253 | 251 | 259 | 247 | 261 | 8,64 | NS | NS |
| Δ Cenizas (%) | 205 | 192 | 212 | 193 | 204 | 9,07 | NS | NS |
| Δ Extracto Etéreo (%) | 701 | 726 | 605 | 864 | 658 | 63,5 | NS | NS |
| Δ Energía (%) | 368 | 367 | 369 | 360 | 370 | 15,7 | NS | NS |

¹EEM: Error estándar medio (n = 15). NS: no significativo (P > 0,05).

En las Tablas 9 y 10 respectivamente, se muestran los efectos de las distintas dosis incluidas sobre el balance de N y de energía. Las enzimas no tuvieron efecto (P>0,05) ni sobre el consumo de ND ni de ED, ni sobre las eficacias de utilización, ni sobre la cantidad de N ni EB excretada en matadero, ni en heces, ni en orina. Esta falta de efecto de las enzimas, va en concordancia con la falta de efecto significativo de las enzimas sobre el periodo completo de cebo, en el que no hubo efecto sobre el IC, así como tampoco hubo diferencias en la digestibilidad de la PB. Si bien debido a la menor digestibilidad de la EB, hubo diferencias significativas (P<0,05), en la excreción de EB en heces, siendo mayor para los tratamientos con enzimas.

La cantidad de N excretada es menor que la calculada por Maertens *et al.*, (2005), para conejos de 0,8 a 2,5 kg de PV (0,094 kg de N/ conejo). Como en España, los animales se sacrifican a un menor PV (2-2.2 kg PV), es lo que explica esta diferencia en la excreción de N, ya que a un mayor peso vivo sería mayor excreción de N. Esa podría ser la causa por la que el balance de nitrógeno que obtuvimos es más parecido a los resultados obtenidos por Calvet *et al.* (2008), ya que las condiciones de cría son más parecidas a las nuestras que las del trabajo de Maertens *et al.*, (2005).

Tabla 9. Efecto de la suplementación creciente de enzimas (100, 200, 400 y 800 ppm) sobre el balance de nitrógeno.

| | Basal (B) | B+ 200ppm | B+ 400ppm | B+ 800ppm | EEM ¹ | P-valor | |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|------------------|---------|----|
| | | | | | | L | Q |
| E. U. N | 0,40 | 0,41 | 0,39 | 0,40 | 0,01 | NS | NS |
| ND _i , g N/kg Pienso | 64,0 | 61,5 | 64,7 | 62,4 | 1,38 | NS | NS |
| N _{RC} , g/kg PV ^{0,75} y d | 0,71 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,009 | NS | NS |
| <i>Nitrógeno excretado, g/ kgPV^{0,75}</i> | | | | | | | |
| Matadero ² | 10,3 | 10,2 | 10,4 | 10,1 | 0,37 | NS | NS |
| Heces ³ | 20,8 | 23,0 | 21,9 | 22,1 | 0,51 | NS | NS |
| Orina ⁴ | 17,8 | 16,6 | 18,6 | 17,2 | 0,80 | 0,08 | NS |

¹EEM: Error estándar medio (n=11); NS: no significativo (P > 0,1). E. U. N.: Eficacia de utilización del N. ND_i: Nitrógeno digestible ingerido (g N/kg Pienso); N_{RC}: Nitrógeno retenido en la canal; ²Matadero: N retenido *in vivo* - N_{RC}/kg PV^{0,75}; ³Heces: N ingerido - ND_i/kg PV^{0,75}; ⁴Orina: ND_i - N_{RT}/kg PV^{0,75}.

Tabla 10. Efecto de la suplementación creciente de enzimas (100, 200, 400 y 800 ppm) sobre el balance de energía.

| | Basal (B) | B+ 200ppm | B+ 400ppm | B+ 800ppm | EEM ¹ | P-valor | |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|------------------|---------|-------|
| | | | | | | L | Q |
| ED _i , MJ | 35,5 | 34,2 | 34,6 | 33,9 | 0,67 | NS | NS |
| E. U. EB | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,01 | NS | NS |
| EB _{RC} , kJ/kg PV ^{0,75} /d | 224 | 219 | 223 | 222 | 5,53 | NS | NS |
| <i>Nitrógeno excretado, g/ kgPV^{0,75}</i> | | | | | | | |
| Matadero ² | 4,36 | 4,19 | 4,41 | 4,19 | 0,16 | NS | NS |
| Heces ³ | 17,7 | 18,9 | 18,9 | 18,9 | 0,34 | <0,05 | 0,053 |
| Orina ⁴ | 15,6 | 15,2 | 15,1 | 14,8 | 0,44 | NS | NS |

¹EEM: Error estándar medio (n=11); NS: no significativo (P > 0,1). E. U. EB: Eficacia de utilización de la EB. ED_i: Energía digestible ingerida; EB_{RC}: EB retenida en la canal; ²Matadero: EB retenida *in vivo* - EB_{RC} / Kg PV^{0,75}; ³Heces: EB ingerida - ED_i/ Kg PV^{0,75}; ⁴Orina: ED_i - EB_{RT}/ Kg PV^{0,75}.

3.2. Experimento 2

Para ninguno de los parámetros productivos (Tabla 11) estudiados se vio efecto de la dosis (P>0,05), ni hubo interacción entre la dosis y el pienso (P>0,05). En el experimento 1, sí que hubo un efecto de la dosis en los dos periodos del cebo. Como en esta prueba sólo se utilizó la dosis de 200 ppm, no se llegaron a apreciar diferencias significativas.

Hubo efectos significativos (P<0,05) del pienso en el peso a 48 días (1650 g vs 1622 g) y una tendencia (P=0,095) en el peso a 60 días, siendo menor en los gazapos alimentados con el pienso B (menor PD/ED) que en los del pienso A (mayor PD/ED).

La ingesta en la primera fase tendió (P=0,057) a ser mayor para los gazapos del Pienso B, mientras que en la segunda (48 a 60 días) y en el cebo global (34 a 60 días) el consumo (P<0,05) fue un 3,74% y un 2,92% respectivamente mayor, para los gazapos del Pienso B. La GMD, durante el primer periodo del cebo (34 a 48 d), fue mayor para los gazapos del Pienso A (+3,4%, P=0,057), sin que hubiese diferencias significativas (P>0,05) en la segunda fase (52,05 g/d de media), y observándose una tendencia

($P=0,095$) a una mayor GMD del Pienso A durante todo el cebo. Como consecuencia el IC fue significativamente menor para los animales alimentados con el Pienso A, en ambos periodos y en el cebo global (2,52 vs 2,63; $P<0,05$). La mortalidad fue baja (una media de un 1,39 %) sin observarse efecto de la dieta, la dosis ni de la interacción.

La falta de efecto de las enzimas sobre los parámetros productivos coincide con algunos resultados obtenidos previamente por otros autores y revisados por Falcao-e-Cunha *et al.* (2007). Podrían deberse, en parte, a la baja mortalidad y las óptimas condiciones ambientales en las que se llevó a cabo la prueba, como se ha explicado en el experimento 1 (Gutiérrez *et al.*, 2002a; Cachaldora *et al.*, 2004).

El mayor consumo del Pienso B seguramente sea motivado por su mayor proporción de FND (De Blas *et al.*, 1999), más que por el menor nivel de PD o del índice PD/ED, ya que según vieron Maertens *et al.* (1997), una deficiencia en aminoácidos (AA) y en PB (con piensos isoenergéticos e isofibrosos) disminuye el consumo, mientras que un mayor cantidad de fibra en la dieta, disminuye la eficiencia de retención de la ED, la ingesta de energía neta y el tiempo de retención de la digesta en el aparato digestivo (De Blas *et al.*, 1999). Debido al mecanismo homeostático, los gazapos son capaces de regular el consumo de alimento para mantener constante la ingesta de energía, dentro de unos límites (Xiccato y Trocino, 2010), al tener el Pienso B menos ED (- 6,76%) y más FND (+5,05 %), los gazapos incrementaron el consumo y por tanto empeoró el IC.

En el primer periodo del cebo, el peor crecimiento de los gazapos del Pienso B, puede deberse a dos efectos. Uno de ellos sería por el efecto del mayor contenido fibra y de la dilución energética del Pienso B, puesto que al no tener la fisiología digestiva completamente desarrollada a los 34 días de edad (Gutiérrez *et al.*, 2002b), los gazapos no pudieron compensar esa falta energética con un mayor consumo (aunque se observa una tendencia; $P=0,058$), empeorando el crecimiento ($P<0,05$). El otro motivo, coincide con lo que han observado Maertens *et al.* (1997) y Trocino *et al.* (2000), que vieron un efecto perjudicial sobre el crecimiento en los primeros días del cebo cuando el pienso tenía menos de un 15,6 % de PB. Debido a que en los animales jóvenes las necesidades en proteína y AA son relativamente altos, no sólo por el crecimiento de los tejidos sino también por el desarrollo del aparato digestivo y el mantenimiento de la funcionalidad de la mucosa intestinal (Carabaño *et al.*, 2009). En la segunda fase de cebo, los animales del Pienso B, con menores necesidades relativas en proteína y con un mayor desarrollo fisiológico, sí son capaces de ingerir más alimento, y la GMD es similar para ambos grupos.

La diferencia en la GMD entre ambos periodos, podría mostrar que las necesidades proteicas de los conejos durante el cebo dependen de la edad y que un nivel proteico inferior al 15% en los primeros días de cebo disminuye la GMD (Maertens *et al.*, 1997; Trocino *et al.*, 2000 y 2013; Martínez-Vallespín *et al.*, 2011). En nuestro trabajo, sólo observamos una tendencia ($P=0,095$) a empeorar la GMD de 34 a 60 d y el PVF, mientras Maertens *et al.* (1997), Trocino *et al.* (2000 y 2013) y Vallespín *et al.* (2011) obtuvieron un empeoramiento de la GMD en todo el cebo. Por otra parte, el que la GMD de todo el cebo y del segundo periodo, y que el peso a los 60 días no sean diferentes entre piensos, después de haber empeorado durante el primer periodo con el pienso B, indicaría un posible crecimiento compensatorio de los animales que consumieron este pienso, como han observado algunos autores (Parigi Bini *et al.*, 1988; Maertens *et al.*, 1997; Xiccato, 1999). En otros trabajos (Trocino *et al.*, 2000), por el contrario, no se detectó dicho crecimiento compensatorio durante el segundo periodo de

cebo, o éste fue insuficiente (Martínez-Vallespín *et al.*, 2011), acarreado el peor rendimiento productivo de la primera etapa hasta el final del cebo. En nuestro trabajo, el Pienso B tenía un mayor porcentaje de FND y menor contenido energético, que dio lugar a un mayor desarrollo del aparato digestivo y aumentó el consumo de pienso, pudiendo favorecer el este crecimiento compensatorio, como también observaron (Martínez-Vallespín *et al.*, 2011) en los piensos con mayor contenido de fibra. Como consecuencia del mayor consumo (en el segundo periodo y en todo el cebo) y del menor crecimiento (en el primer periodo), y debido al mayor contenido fibroso (De Blas *et al.*, 1999) del Pienso B, el IC fue peor para los animales que se alimentaron con este pienso.

Las características de la canal se muestran en la Tabla 12. Tampoco hubo efecto de la adición enzimática, ni interacción entre el pienso y la dosis, ya que para llegar a afectar a la composición corporal, la ingesta de energía y/o proteína debería ser bastante mayor o menor de la cantidad diaria óptima (Xiccato, 1999), como ya se apuntó en el primer experimento.

El tipo de pienso, debido a la diferencia de PD/ED, sí que mostró diferencias significativas ($P<0,05$), sobre el PV al sacrificio y el peso de la canal, que fue mayor para los gazapos del Pienso A. Por el contrario, el peso del aparato digestivo y del estómago lleno y vacío, resultó mayor en los animales del Pienso B. En general, piensos con mayor contenido en fibra (Pienso B) suelen dar lugar a un mayor contenido estomacal en los conejos (De Blas *et al.*, 1986; Parigi Bini *et al.*, 1994) y también un menor peso del contenido cecal (Gidenne y Pérez 1994, Gidenne 2000, Álvarez *et al.*, 2007) aunque depende de las variaciones del contenido fibra de los piensos. Valores por encima o por debajo de un 39,5 FND (%MS) en el pienso podrían aumentar el peso del contenido cecal (De Blas *et al.*, 1999), puesto que este nivel es el que minimiza el peso del contenido cecal.

En este trabajo ni el rendimiento a la canal (% PV), ni el peso del ciego (% PV) se vieron afectados por el tipo de pienso ($P>0,05$). Al ser menor tanto el peso vivo al sacrificio, como el peso de la canal de los conejos del pienso B, el rendimiento de la canal no se vio afectado por el tipo de pienso. La falta de efecto sobre el rendimiento a la canal coincide con los resultados de varios autores, tanto utilizando piensos con distintos niveles proteicos, como con dietas con distintos niveles de fibra y de energía (Parigi Bini *et al.*, 1994; Maertens *et al.*, 1997). En algunos estudios se ha observado un aumento del RC al aumentar el nivel de FND del pienso (Fabre *et al.*, 2006); siempre que este nivel esté próximo al óptimo que minimiza el peso del contenido cecal. Por el contrario, un exceso de FND puede empeorar el RC (Margüenda *et al.*, 2006 y 2012; Villena *et al.*, 2008; Trocino *et al.*, 2011).

La composición química tanto *in vivo* como de la canal (Tabla 13 y Tabla 14, respectivamente) tampoco presentaron efecto significativo ($P>0,05$) ni de la adición de enzimas, ni del tipo de pienso, ni de su interacción.

Sin embargo, el tipo pienso afectó ($P<0,05$) tanto a la composición *in vivo*, como de la canal. *In vivo*, el contenido de cenizas (%MS), y de EB (%MS), fue un 4,15 % y un 1,76 % ($P<0,05$) mayor para el Pienso A; sin tener efecto sobre el aumento relativo del peso, de la humedad, de la PB, de la EB, del EE y de las cenizas durante el cebo.

Mientras que el efecto del pienso sobre la canal fue significativo ($P<0,05$) para el contenido de EE (%MS) y a los incrementos relativos de PB, EB, EE y cenizas, y una

tendencia sobre la EB (%MS) ($P=0,07$); siendo mayor el porcentaje de EE (%MS) para el pienso A, así como los aumentos relativos de PB, EB, EE y cenizas.

El menor aumento relativo de PB, EB, EE y el menor contenido de EE (%MS) y de EB (%) de los gazapos del Pienso B en la canal, puede ser debido al menor consumo de PD y de ED (un 10% y 7%, respectivamente; $P<0,01$) y a la menor retención de EB (221 vs 208 KJ/ kg PV^{0,75} y día; $P<0,05$). También el menor crecimiento durante la primera fase de cebo, pudo retrasar el depósito de grasa peri renal, inguinal y escapular (Lebas y Ouhayoun, 1987; Ouhayoun, 1989). Dalle Zotte *et al.* (1997) observaron, una mayor deposición grasa en la canal de conejos alimentados con altos índices de PD/ED durante el post destete. Por otra parte, algunos autores (Ouhayoun y Cheriet, 1983; Fraga *et al.*, 1983) han observado también un aumento en el contenido graso y una disminución en el contenido nitrogenado de las canales de los animales que consumieron piensos con un menor ratio de PD/ED. Por el contrario, García *et al.* (1993), encontraron un menor contenido graso en las canales de conejos alimentados con los piensos de mayor contenido en FND, al sustituir cebada por pulpa de remolacha y Xiccato *et al.*, (1993) utilizando piensos con diferentes índices DP/DE dados durante el cebo, no observaron modificaciones de la composición de la canal ni de la carne.

Tabla 11. Efecto de la suplementación con enzimas y del tipo de pienso sobre los parámetros productivos en cebo.

| | <u>Pienso</u> | | <u>Dosis enz.</u> | | | <u>Pienso A</u> | | | <u>Pienso B</u> | | | <u>EEM¹</u> | | | <u>P-valor</u> | | |
|-----------------------------------|---------------|------|-------------------|------|------|-----------------|------|------|-----------------|------|------|------------------------|------|------|----------------|-------|-----|
| | A | B | 0 | 100 | 200 | 0 | 100 | 200 | 0 | 100 | 200 | P | D | PxD | Pienso | Dosis | PxD |
| <i>1ª fase de 34 a 48 d:</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso 34 d, g | 821 | 791 | 814 | 797 | 808 | 825 | 810 | 828 | 803 | 784 | 788 | 7,12 | 8,73 | 12,3 | <0,05 | NS | NS |
| Peso 48 d, g | 1650 | 1622 | 1642 | 1644 | 1624 | 1669 | 1643 | 1640 | 1614 | 1645 | 1608 | 6,87 | 8,35 | 11,8 | <0,05 | NS | NS |
| GMD, g/d | 60,2 | 58,2 | 59,6 | 59,7 | 58,3 | 61,5 | 59,6 | 59,4 | 57,6 | 59,8 | 57,1 | 0,49 | 0,60 | 0,84 | <0,05 | NS | NS |
| CMD, g/d | 121 | 124 | 124 | 123 | 121 | 124 | 120 | 120 | 124 | 126 | 122 | 0,88 | 1,07 | 1,51 | 0,057 | NS | NS |
| IC, g/g | 2,02 | 2,13 | 2,09 | 2,06 | 2,08 | 2,02 | 2,01 | 2,03 | 2,16 | 2,11 | 2,13 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | <0,001 | NS | NS |
| <i>2ª fase de 49 a 60 d:</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso 60 d, g | 2272 | 2250 | 2270 | 2268 | 2244 | 2285 | 2270 | 2262 | 2256 | 2267 | 2227 | 9,40 | 11,4 | 16,1 | 0,095 | NS | NS |
| GMD, g/d | 51,8 | 52,3 | 52,4 | 52,0 | 51,7 | 51,3 | 52,2 | 51,9 | 53,5 | 51,8 | 51,6 | 0,45 | 0,54 | 0,76 | NS | NS | NS |
| CMD, g/d | 165 | 171 | 167 | 170 | 167 | 164 | 166 | 166 | 171 | 174 | 169 | 1,16 | 1,41 | 1,99 | <0,05 | NS | NS |
| IC, g/g | 3,20 | 3,29 | 3,21 | 3,28 | 3,25 | 3,20 | 3,19 | 3,22 | 3,22 | 3,37 | 3,29 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | <0,05 | NS | NS |
| <i>Cebo completo de 34 a 60 d</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| GMD, g/d | 56,3 | 55,5 | 56,2 | 56,2 | 55,2 | 56,8 | 56,2 | 55,9 | 55,7 | 56,1 | 54,6 | 0,36 | 0,44 | 0,62 | 0,09 | NS | NS |
| CMD, g/d | 142 | 146 | 144 | 144 | 142 | 142 | 141 | 141 | 146 | 148 | 143 | 0,86 | 1,05 | 1,48 | <0,05 | NS | NS |
| IC, g/g | 2,52 | 2,63 | 2,56 | 2,57 | 2,58 | 2,51 | 2,51 | 2,53 | 2,62 | 2,64 | 2,63 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | <0,001 | NS | NS |

¹EEM: Error estándar medio (n = 45); NS: no significativo (P > 0,05); CMD: consumo medio diario; GMD: ganancia media diaria; IC: índice de conversión.

Tabla 12. Efecto de la suplementación con enzimas y del tipo de pienso sobre las características de la canal.

| | <u>Pienso</u> | | <u>Dosis enz.</u> | | | <u>Pienso A</u> | | | <u>Pienso B</u> | | | <u>EEM¹</u> | | | <u>P-valor</u> | | |
|--------------------|---------------|------|-------------------|------|------|-----------------|------|------|-----------------|------|------|------------------------|------|------|----------------|-------|-----|
| | A | B | 0 | 100 | 200 | 0 | 100 | 200 | 0 | 100 | 200 | P | D | PxD | Pienso | Dosis | PxD |
| PV Sacrificio, g | 2337 | 2295 | 2336 | 2311 | 2337 | 2362 | 2313 | 2337 | 2310 | 2310 | 2266 | 10,9 | 13,3 | 18,8 | <0,05 | NS | NS |
| Peso canal, g | 1350 | 1324 | 1351 | 1328 | 1350 | 1373 | 1326 | 1351 | 1329 | 1330 | 1311 | 7,5 | 9,1 | 12,9 | <0,05 | NS | NS |
| RC, % | 57,8 | 57,7 | 57,8 | 57,5 | 57,8 | 58,1 | 57,3 | 57,8 | 57,5 | 57,6 | 57,9 | 0,16 | 0,20 | 0,28 | NS | NS | NS |
| <i>Peso; % PV:</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aparato digestivo | 17,7 | 18,6 | 18,1 | 18,1 | 18,2 | 17,4 | 17,9 | 17,7 | 18,7 | 18,4 | 18,7 | 0,14 | 0,18 | 0,25 | <0,001 | NS | NS |
| Hígado | 4,26 | 4,29 | 4,29 | 4,23 | 4,31 | 4,18 | 4,21 | 4,40 | 4,41 | 4,25 | 4,21 | 0,07 | 0,08 | 0,12 | NS | NS | NS |
| Estómago lleno | 4,37 | 4,95 | 4,65 | 4,74 | 4,59 | 4,26 | 4,64 | 4,21 | 5,04 | 4,84 | 4,96 | 0,08 | 0,10 | 0,13 | <0,001 | NS | NS |
| Estómago vacío | 0,93 | 0,97 | 0,93 | 0,96 | 0,96 | 0,89 | 0,96 | 0,95 | 0,97 | 0,96 | 0,97 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | <0,05 | NS | NS |
| Ciego lleno | 6,77 | 6,91 | 6,74 | 6,74 | 7,04 | 6,61 | 6,71 | 6,98 | 6,87 | 6,76 | 7,10 | 0,10 | 0,12 | 0,17 | NS | NS | NS |

¹EEM: Error estándar medio (n=24); NS: no significativo (P > 0,05); PV: Peso vivo. RC: Rendimiento canal. ¹ Sacrificio a los 61 d de edad.

Tabla 13. Efecto de la suplementación con enzimas y del tipo de pienso sobre la composición química *in vivo* y el incremento relativo al peso inicial de cada componente.

| | <u>Pienso</u> | | <u>Dosis enz.</u> | | | <u>Pienso A</u> | | | <u>Pienso B</u> | | | <u>EEM¹</u> | | | <u>P-valor</u> | | |
|---|---------------|------|-------------------|------|------|-----------------|------|------|-----------------|------|------|------------------------|-------|-----|----------------|------|------|
| | A | B | 0 | 100 | 200 | 0 | 100 | 200 | 0 | 100 | 200 | P | D | PxD | P | D | PxD |
| <i>Composición canal 60 d (% MS):</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Proteína | 49,6 | 49,7 | 49,5 | 49,4 | 50,0 | 49,6 | 49,1 | 50,1 | 49,5 | 49,7 | 50,0 | NS | NS | NS | 0,24 | 0,29 | 0,41 |
| Cenizas | 9,78 | 10,2 | 10,0 | 9,85 | 10,1 | 9,77 | 9,68 | 9,88 | 10,2 | 10,0 | 10,4 | <0,05 | NS | NS | 0,10 | 0,13 | 0,18 |
| Extracto Etéreo | 33,4 | 33,1 | 33,4 | 33,4 | 32,9 | 33,5 | 33,4 | 33,2 | 33,2 | 33,4 | 32,7 | NS | NS | NS | 0,38 | 0,45 | 0,64 |
| EB (KJ/100 g) | 2313 | 2273 | 2297 | 2309 | 2274 | 2315 | 2327 | 2298 | 2278 | 2291 | 2250 | <0,05 | NS | NS | 10,3 | 12,6 | 17,9 |
| <i>Variación relativa (de 34 a 60 días), %:</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Δ Peso | 187 | 184 | 189 | 188 | 179 | 191 | 187 | 182 | 187 | 188 | 176 | NS | NS | NS | 2,82 | 3,37 | 4,81 |
| Δ Humedad | 158 | 156 | 160 | 159 | 153 | 161 | 158 | 155 | 159 | 159 | 150 | NS | NS | NS | 2,08 | 2,49 | 3,55 |
| Δ Proteína | 197 | 194 | 200 | 197 | 189 | 202 | 197 | 193 | 198 | 198 | 186 | NS | NS | NS | 3,18 | 3,81 | 5,43 |
| Δ Cenizas | 171 | 165 | 171 | 170 | 163 | 175 | 172 | 166 | 168 | 169 | 160 | NS | NS | NS | 2,52 | 3,04 | 4,33 |
| Δ EE | 759 | 787 | 823 | 777 | 718 | 787 | 778 | 711 | 858 | 775 | 726 | NS | NS | NS | 33,3 | 39,5 | 56,5 |
| Δ EB | 391 | 382 | 400 | 396 | 363 | 404 | 400 | 368 | 397 | 392 | 357 | NS | <0,05 | NS | 9,22 | 11,0 | 15,7 |

¹EEM: Error estándar medio (n=15); NS: no significativo (P > 0,05). EB: energía Bruta. EE: Extracto etéreo.

Tabla 14. Efecto de la suplementación con enzimas y del tipo de pienso sobre la composición química de la canal y el incremento relativo al peso inicial de cada componente.

| | <u>Pienso</u> | | <u>Dosis enz.</u> | | | <u>Pienso A</u> | | | <u>Pienso B</u> | | | <u>EEM¹</u> | | | <u>P-valor</u> | | |
|---|---------------|------|-------------------|------|------|-----------------|------|------|-----------------|------|------|------------------------|----|-----|----------------|------|------|
| | A | B | 0 | 100 | 200 | 0 | 100 | 200 | 0 | 100 | 200 | P | D | PxD | P | D | PxD |
| <u>Composición canal 60 d (% MS):</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Proteína | 53,7 | 54,6 | 54,2 | 53,4 | 54,8 | 53,9 | 52,8 | 54,3 | 54,5 | 54,1 | 55,3 | NS | NS | NS | 0,54 | 0,64 | 0,92 |
| Cenizas | 14,3 | 14,6 | 14,3 | 14,3 | 14,6 | 14,2 | 14,1 | 14,6 | 14,5 | 14,5 | 14,7 | NS | NS | NS | 0,10 | 0,13 | 0,18 |
| Extracto Etéreo | 29,7 | 27,9 | 29,0 | 29,8 | 27,6 | 29,9 | 31,0 | 28,3 | 28,0 | 28,7 | 26,9 | <0,05 | NS | NS | 0,59 | 0,72 | 1,02 |
| EB (KJ/100 g) | 2094 | 2060 | 2086 | 2097 | 2048 | 2104 | 2126 | 2050 | 2067 | 2068 | 2045 | NS | NS | NS | 12,5 | 15,2 | 21,6 |
| <u>Variación relativa (de 34 a 60 días), %:</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Δ Peso | 189 | 183 | 188 | 189 | 180 | 189 | 191 | 187 | 187 | 187 | 174 | NS | NS | NS | 2,51 | 3,03 | 4,31 |
| Δ Humedad | 218 | 210 | 215 | 218 | 208 | 216 | 220 | 217 | 214 | 216 | 200 | NS | NS | NS | 2,70 | 3,27 | 4,65 |
| Δ Proteína | 255 | 244 | 251 | 254 | 244 | 252 | 259 | 255 | 249 | 250 | 234 | <0,05 | NS | NS | 3,29 | 3,99 | 5,67 |
| Δ Cenizas | 206 | 194 | 200 | 201 | 201 | 201 | 204 | 214 | 199 | 197 | 187 | <0,05 | NS | NS | 3,40 | 4,12 | 5,85 |
| Δ EE | 705 | 624 | 730 | 730 | 645 | 720 | 748 | 646 | 648 | 640 | 583 | <0,05 | NS | NS | 22,7 | 30,4 | 39,3 |
| Δ EB | 372 | 337 | 684 | 694 | 615 | 365 | 385 | 368 | 340 | 353 | 316 | <0,05 | NS | NS | 9,67 | 27,8 | 16,8 |

¹EEM: Error estándar medio (n=15); NS: no significativo (P > 0,05). EB: energía bruta. EE: extracto etéreo.

Tabla 15. Efecto de la suplementación con enzimas y del tipo de pienso sobre la digestibilidad.

| | <u>Pienso</u> | | <u>Dosis enz.</u> | | <u>Pienso A</u> | | <u>Pienso B</u> | | <u>Pienso</u> | <u>EEM¹</u> | | <u>P-valor</u> | | |
|------------------------------|---------------|----------|-------------------|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|---------------|------------------------|------------|----------------|--------------|------------|
| | <u>A</u> | <u>B</u> | <u>0</u> | <u>200</u> | <u>0</u> | <u>200</u> | <u>0</u> | <u>200</u> | | <u>Dosis</u> | <u>PxD</u> | <u>Pienso</u> | <u>Dosis</u> | <u>PxD</u> |
| <u>Consumo, g/d:</u> | | | | | | | | | | | | | | |
| Materia Seca | 152 | 155 | 153 | 154 | 150 | 154 | 156 | 153 | 2,98 | 2,98 | 4,21 | NS | NS | NS |
| Materia Orgánica | 139 | 140 | 139 | 140 | 136 | 142 | 142 | 138 | 2,71 | 2,71 | 3,83 | NS | NS | NS |
| <u>Digestibilidades (%):</u> | | | | | | | | | | | | | | |
| Materia Seca | 57,8 | 54,4 | 56,1 | 56,1 | 58,4 | 57,3 | 53,9 | 54,9 | 0,35 | 0,35 | 0,50 | <0,001 | NS | NS |
| Materia Orgánica | 59,6 | 56,3 | 58,2 | 57,7 | 60,3 | 58,9 | 56,0 | 56,5 | 0,36 | 0,36 | 0,50 | <0,001 | NS | NS |
| Proteína Bruta | 68,2 | 67,7 | 68,1 | 67,8 | 69,3 | 67,1 | 67,0 | 68,5 | 0,67 | 0,68 | 0,95 | NS | NS | NS |
| Energía Bruta | 59,2 | 56,3 | 57,9 | 57,6 | 59,9 | 58,5 | 55,9 | 56,7 | 0,51 | 0,51 | 0,72 | <0,05 | NS | NS |
| FND | 19,5 | 15,1 | 17,0 | 17,6 | 19,2 | 19,8 | 14,8 | 15,4 | 0,86 | 0,87 | 1,22 | <0,05 | NS | NS |
| Extracto Etéreo | 37,6 | 34,9 | 35,5 | 37,1 | 37,8 | 37,5 | 33,3 | 36,6 | 1,06 | 1,06 | 1,50 | NS | NS | NS |
| Materia Seca | 86,5 | 85,6 | 85,9 | 86,2 | 86,6 | 86,4 | 85,1 | 86,0 | 0,43 | 0,43 | 0,60 | NS | NS | NS |

¹EEM: Error estándar medio (n=11); NS: no significativo (P > 0,05); FND: Fibra Neutro detergente.

Ni la adición de enzimas, ni la interacción entre pienso y dosis tuvieron efecto ($P>0,05$) sobre la digestibilidad fecal aparente (Tabla 15). A diferencia de los resultados que obtuvimos en el experimento 1, la dosis no afectó ($P>0,05$) a la digestibilidad de ninguno de los nutrientes estudiados, aunque hay que tener en cuenta que en este segundo experimento en nivel de inclusión del complejo enzimático fue más bajo.

El tipo de pienso no afectó ($P>0,05$) ni al consumo de MS, ni al de MO, durante la prueba de digestibilidad, tampoco hubo diferencias significativas ($P>0,05$) en la digestibilidad de la PB, de las cenizas, ni del EE. Sin embargo la digestibilidad de la MS, MO, FND y EB empeoró con el Pienso B respecto del Pienso A (un 5,98; 5,66; 4,91 y 22,59%, respectivamente, $P<0,05$). La correlación negativa entre el contenido en fibra y la digestibilidad de la energía ya ha sido observado en numerosos trabajos (de Blas *et al.*, 1999).

En la Tabla 16 y Tabla 17 se muestran los resultados del balance de la EB y del nitrógeno, respectivamente. En el balance de energía, hubo diferencias significativas ($P<0,05$) en la ED consumida (34,7 vs 32,3 MJ) y retenida (221 vs 208 KJ/ Kg $PV^{0,75}$ y día) y en la EB excretada en orina (15,4 vs 14,5 MJ/ Kg $PV^{0,75}$) y en heces (18,3 vs 19,8 MJ/ Kg $PV^{0,75}$), sin embargo no hubo efecto ($P>0,05$) sobre la eficacia de retención de la EB, ni sobre la EB excretada en matadero. Como la digestibilidad de la EB fue menor para el Pienso B, pero la eficacia de utilización de la energía fue similar a la del Pienso A, la energía retenida también fue menor, mientras que la excreción de EB en las heces fue mayor y en la orina menor. Hubo una interacción entre dieta y dosis en la excreción de EB en las heces, en el Pienso A, al añadir enzimas la EB_{Eh} no varía, mientras que en el Pienso B, se observó una disminución de la EB_{Eh} . Este resultado puede ser debido a que el efecto de las enzimas es mayor cuanto peor es la digestibilidad del pienso (Cowan *et al.*, 1996).

En cuanto a la eficacia de utilización del N, de la retención de N y de la excreción de N (Tabla 16), hubo un efecto ($P<0,05$) del pienso sobre el consumo de N, la eficacia de retención de N, el N retenido, el N excretado en heces y en orina, y no tuvo efecto sobre el N excretado en matadero. Hubo también una interacción ($P<0,05$) entre pienso y dosis sobre la excreción de N en las heces, observándose el mismo efecto detectado con la EB. Los animales del Pienso B consumieron menos ND (62,7 vs 56,1 g N/kg Pienso), y a pesar de tener una mayor eficacia de retención (0,40 vs 0,43), el N retenido fue menor (0,71 vs 0,69 g/kg^{0,75} y d), probablemente debido al menor crecimiento que presentaron en el primer periodo de cebo. A pesar del posible crecimiento compensatorio del segundo periodo, no llegaron a alcanzar el mismo crecimiento que los gazapos del Pienso A, de ahí la tendencia observada sobre el PVF. El N_{Eh} fue menor en Pienso B, por el menor contenido en PD ya que la digestibilidad de la proteína fue similar y el consumo de ND fue menor. También se redujo en N excretado en orina, debido al menor consumo de ND, y a la mayor eficacia de retención del mismo. Maertens *et al.*, (1997) también han observado una mejora de la eficacia de retención de N en los conejos en piensos con menor contenido proteico. Sin embargo Trocino *et al.*, (2000) no vieron ningún efecto sobre la eficacia de retención del N, aunque sí que observaron que un nivel bajo de proteína disminuía la excreción de N, al igual que Maertens *et al.*, (1997). Igualmente, Maertens *et al.* (1998) encontraron que un menor índice PD/ED reducía la excreción de N.

Tabla 16. Efecto de la suplementación con enzimas y del tipo de pienso sobre el balance de nitrógeno.

| | <u>Pienso</u> | | <u>Dosis enz.</u> | | <u>Pienso A</u> | | <u>Pienso B</u> | | <u>EEM¹</u> | | | <u>P-valor</u> | | |
|---|---------------|------|-------------------|------|-----------------|------|-----------------|------|------------------------|-------|------|----------------|-------|-------|
| | A | B | 0 | 200 | 0 | 200 | A | B | Pienso | Dosis | PxD | Pienso | Dosis | PxD |
| <u>Balance Nitrógeno:</u> | | | | | | | | | | | | | | |
| ND _i , g N/kg Pienso | 62,7 | 56,1 | 60,3 | 58,4 | 63,8 | 61,5 | 56,8 | 55,3 | 1,01 | 1,00 | 1,42 | <0,001 | NS | NS |
| E. U. N | 0,40 | 0,43 | 0,42 | 0,42 | 0,40 | 0,41 | 0,43 | 0,43 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | <0,05 | NS | NS |
| N _{RC} , g/Kg PV ^{0,75} y d | 0,71 | 0,69 | 0,70 | 0,69 | 0,71 | 0,70 | 0,70 | 0,68 | 0,007 | 0,007 | 0,01 | <0,05 | NS | NS |
| <u>Nitrógeno excretado, g/ Kg PV^{0,75}</u> | | | | | | | | | | | | | | |
| Matadero ² | 10,3 | 9,8 | 10,2 | 9,9 | 10,3 | 10,3 | 10,1 | 9,5 | 0,25 | 0,24 | 0,35 | NS | NS | NS |
| Heces ³ | 21,9 | 20,5 | 21,3 | 21,1 | 20,8 | 23,0 | 21,8 | 19,2 | 0,41 | 0,41 | 0,58 | <0,05 | NS | <0,05 |
| Orina ⁴ | 17,2 | 14,0 | 15,7 | 15,5 | 17,8 | 16,6 | 13,7 | 14,4 | 0,56 | 0,55 | 0,78 | <0,05 | NS | NS |

¹EEM: Error estándar medio (n=11); NS: no significativo (P > 0,1). E. U.: Eficacia de utilización del N. ND_i: Nitrógeno digestible ingerido (g N/kg Pienso); N_{RC}: Nitrógeno retenido en la canal; ²Matadero: N retenido *in vivo* - N_{RC} / Kg PV^{0,75}; ³Heces: N ingerido - ND_i / PV^{0,75}; ⁴Orina: ND_i - N_{RT} / Kg PV^{0,75}.

Tabla 17. Efecto de la suplementación con enzimas y del tipo de pienso sobre el balance de energía.

| | <u>Pienso</u> | | <u>Dosis enz.</u> | | <u>Pienso A</u> | | <u>Pienso B</u> | | <u>EEM¹</u> | | | <u>P-valor</u> | | |
|--|---------------|------|-------------------|------|-----------------|------|-----------------|------|------------------------|--------|--------|----------------|-------|-------|
| | A | B | 0 | 200 | 0 | 200 | A | B | Pienso | Dosis | PxD | Pienso | Dosis | PxD |
| <u>Balance Nitrógeno:</u> | | | | | | | | | | | | | | |
| ED _i , MJ | 34,7 | 32,3 | 33,9 | 33,1 | 35,4 | 34,1 | 32,4 | 32,2 | 0,55 | 0,54 | 0,77 | <0,05 | NS | NS |
| E. U. EB | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,22 | 0,22 | 0,23 | 0,23 | 0,22 | 0,005 | 0,0048 | 0,0069 | NS | NS | NS |
| EB _{RC} , kJ/kg PV ^{0,75} /d | 221 | 208 | 218 | 211 | 223 | 219 | 214 | 203 | 4,11 | 4,05 | 5,77 | <0,05 | NS | NS |
| <u>Energía excretada, MJ/ kg PV^{0,75}</u> | | | | | | | | | | | | | | |
| Matadero ² | 4,30 | 4,15 | 4,35 | 4,10 | 4,38 | 4,22 | 4,33 | 3,98 | 0,090 | 0,089 | 0,126 | NS | 0,053 | NS |
| Heces ³ | 18,3 | 19,8 | 19,1 | 19,0 | 17,7 | 18,9 | 20,5 | 19,1 | 0,33 | 0,32 | 0,46 | <0,05 | NS | <0,05 |
| Orina ⁴ | 15,4 | 14,5 | 14,8 | 15,1 | 15,6 | 15,2 | 14,0 | 14,9 | 0,33 | 0,32 | 0,46 | <0,05 | NS | NS |

¹EEM: Error estándar medio (n=11); NS: no significativo (P > 0,1). E. U. EB: Eficacia de utilización de la EB. ED_i: Energía digestible ingerida; EB_{RC}: EB retenida en la canal;

²Matadero: EB retenida *in vivo* - EB_{RC} /Kg PV^{0,75}; ³Heces: EB ingerida - ED_i / Kg PV^{0,75}; ⁴Orina: ED_i - EB_{RT} / Kg PV^{0,75}.

4. Conclusiones

4.1. Experimento 1

- La adición de enzimas en un pienso que suple las necesidades nutricionales de los gazapos, y que presentan un buen estado sanitario, no parece tener un efecto positivo claro sobre los parámetros productivos en el conjunto del periodo de cebo, incluso hay un empeoramiento de la digestibilidad, que no llega a afectar a los rendimientos productivos, ni al rendimiento de la canal, ni a la excreción de N al medio. En todo caso, su uso estaría recomendado sólo en la primera etapa del cebo (34-48 d), y en la segunda fase (48-60 d), no sería recomendable superar más de 400 ppm de inclusión.

4.2. Experimento 2

- La adición de este complejo enzimático en piensos con peor valor nutricional no mejoró la digestibilidad, ni los rendimientos productivos, ni el rendimiento de la canal, aunque sí que mejoró el balance nitrogenado y energético de los animales, reduciendo las pérdidas energéticas y la excreción de nitrógeno al medio.
- Piensos con una menor relación PD/ED y más FND empeoran la digestibilidad de los nutrientes y el IC, pero reducen el contenido graso de las canales y la excreción de N al medio en un 12 %.
- Sería recomendable realizar un cebo en fases, más acorde a las necesidades de los gazapos en cada momento, para reducir la excreción de N en las heces y la orina.

5. Referencias

- A.O.A.C. (2005). Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemist. USA.
- Abad, R., García, J., Rodríguez, J.D., Menoyo, D. and Carabaño, R. (2011). Utilización de bolsas Ankom© en la determinación de la materia seca *in vitro* en conejos. AIDA. XIV Jornadas sobre producción animal. 1: 201-203.
- Abaza, I. M., and Omara, M.E. (2011). Effect of dietary corn cobs and enzymes supplementation on growing rabbits performance. J. Product. & Dev. 16(3):507 – 527.
- Álvarez, J.L., Margüenda, I., García-Rebollar, P., Carabaño, R., De Blas, C., Corujo, A. and García-Ruiz, A.I. (2007). Effects of type and level of fibre on digestive physiology and performance in reproducing and growing rabbits. World Rabbit Sci. 15: 9-17.
- Attia. K.A., Sohair Y. Saleh, S.Abd., El-hamidSafaa, A.ZakiAmal, A.El-Sawy Mohamed. (2012). Effects of Exogenous Multi-enzyme Feed Additive (Kemzyme) on the Activities of Certain Digestive Enzymes and Intestinal Morphology in Growing Rabbits. Journal of Agricultural Science. 4 (3):35-44.
- Barekatain, M.R., Antipatis, C., Choct, M. and Iji, P.A. (2013). Interaction between protease and xylanase in broiler chicken diets containing sorghum distillers' dried grains with solubles. Ani. Feed Sci. and Tec. 182: 71-81.

- Biovet (2008). Uso de enzimas en la alimentación animal. Available at: <http://www.biovet-alquermes.com/uploads/434935226ff0299.pdf>
- Bolis S., Castrovilli C., Rigoni M., Tedesco D. and Luzi F. (1996). Effect of enzymes addition in diet on protein and energy utilization in rabbit. In Proc.: 6th World Rabbit Congress, Toulouse, France: 111-115.
- Cachaldora P., Nicodemus N., García J., Carabaño R. and De Blas J.C., (2004). Efficacy of amylofeed® in growing rabbits. *World Rabbit Sci.* 12: 23-31.
- Calvet, S., Estellés, F., Hermida, B., Blumetto, O. and Torres, A.G. (2008). Experimental balance to estimate efficiency in the use of nitrogen in rabbit breeding. *World Rabbit Sci.* 16: 205-211.
- Carabaño, R., Badiola, I., Chamorro, S., García, J., García-Ruiz, A.I., García-Rebollar, P., Gómez-Conde, M.S., Gutiérrez, I., Nicodemus, N., Villamide, M.J. and De Blas, J.C. (2008). New trends in rabbit feeding: influence of nutrition on intestinal health (review). *Span. J. Agric. Res.* 6: 15-25.
- Carabaño. R., Villamide, M.J., García, J., Nicodemus, N., Llorente, A., Chamorro, S., Menoyo, D., García-Rebollar, P., García-Ruiz, A. I. and De Blas, J.C. (2009). New concepts and objectives for protein-amino acid nutrition in rabbits: A review. *World Rabbit Sci.* 17: 1-14.
- Castrovilli C., Tedesco D., Bolis S. and Rigoni M. (1995). Effetto di addizioni enzimatiche sulla digeribilità della sostanza organica e dell'energia nel coniglio. *Atti XI Congr. Naz. ASPA. Grado.* 119-120
- Cowan, W.D., Jorsbak A., Hastrup T. and Rasmussen B.P. (1996). Influence of added microbial enzymes on energy and protein availability of selected feed ingredients. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 60: 311-319.
- Dalle Zotte, A., Parigi Bini, R., Xiccato, G. and Cossu, M.E. (1997). Effetto della dieta e della durata del post-svezzamento sulla qualità della carcassa e della carne di coniglio. *Proc. XII Congresso ASPA, Pisa, Italy:* 383-384.
- De Blas, C. and Mateos, G.G. (2010). Feed formulation. In: de Blas, C., Wiseman, J. (Eds.). *The Nutrition of the Rabbit*. CAB International, Wallingford, UK. 222-232.
- De Blas, J.C., Santomá G., Carabaño, R. and Fraga, M.J. (1986). Fiber and starch levels in fattening rabbit diets. *J. Anim. Sci. Technol.* 70: 151-160.
- De Blas, C., García, J. and Carabaño, R. (1999). Role of fibre in rabbit diets. A review. *Annales de Zootechnie.* 48: 3-13.
- De Blas, J.C., Chamorro, S., García-Alonso, J., García-Rebollar, P., García-Ruiz, A.I., Gómez-Conde, M.S., Menoyo, D., Nicodemus, N., Romero, C. and Carabaño, R.

- (2012). Nutritional Digestive Disturbances in Weaning Rabbits. *Anim. Feed Sci. Technol.* 173: 102–110.
- Dojana N., Costache M., and Dinischiotu M., (1998). The activity of some digestive enzymes in domestic rabbits before and after weaning. *Anim Sci.* 66: 501-507.
- Eiben C.S., Mézes M., Zijártó N., Kustos K., Gódor-Surmann K. and Erdélyi M. (2004). Dose dependent effect of cellulase supplementation on performance of early-weaned rabbit. In *Proc. 8th World Rabbit Congress*, Puebla, México. 799-804.
- Falcão-e-Cunha L., Reis J., Freire J.B. and Castro-Solla L. (2004). Effects of enzyme addition and source of fiber on growth and fibrolytic activities of growing-finishing rabbits. In *Proc. 8th World Rabbit Congress*, Puebla, México. 1532-1537.
- Falcao-e-Cunha L., Castro-Solla L., Maertens L., Marounek M., Pinheiro V., Freire J., Mourao J.L. (2007). Alternatives to antibiotic growth promoters in rabbit feeding: A review. *World Rabbit Sci.* 15:127-140.
- Fraiha, M., Furlan, A.C., Murakami, A.E. Martins, E.N., Scapinello, C. and Moreira, I. (1997). Utilização de complexo multienzimático em rações de frangos de corte contendo triticales. Ensaio de desempenho. *Rev. Soc. Bras. Zootec.* 26: 765-772.
- Fraga, M.J., De Blas, J.C., Pérez, E., Rodríguez, J.M., Pérez, C.J. and Gálvez, J.F. (1983). Effect of diet on chemical composition of rabbits slaughtered at fixed body weights. *J. Anim. Sci.* 56: 1097-1104.
- García, G., Gálvez, J.F. and De Blas, C. (1993). Effect of substitution of sugarbeet pulp for barley in diets for finishing rabbits on growth performance and on energy and nitrogen efficiency. *Journal of Animal Science*, 71: 1823–1830.
- García-Palomares, J., Carabaño, R., García-Rebollar, P., de Blas, C. and García Ruíz, 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-Ruiz, A.I., García Palomares, J., García-Rebollar, P., Chamorro, S., Carabaño, R. and de Blas, C. (2006). Effect of protein source and enzyme supplementation on ileal protein digestibility and fattening performance in rabbits. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 4: 297-303.
- Gidenne, T. (2000). Fibres in rabbit feeding for digestive troubles prevention: respective role of low-digested and digestible fibre. *Livestock Production Science.* 8: 105-117.
- Gidenne, T. and Pérez, J.M. (1994). Apports de lignines et alimentation du lapin en croissance. I. Conséquences sur la digestion et le transit. *Ann Zootech.* 43: 313-322.

- Grisham, Charles M.; Reginald H. and Garrett (1999). *Biochemistry*. Philadelphia: Saunders College Pub: 426.
- Gutiérrez, I., Espinosa, A., García, J., Carabaño, R. and De Blas, J.C. (2002a). Effects of starch and protein sources, heat processing, and exogenous enzymes in starter diets for early weaned rabbits. *Animal Feed Science and Technology*, 98:175-186.
- Gutiérrez, I., Espinosa, A., García, J., Carabaño, R. and de Blas, J.C. (2002b). Effect of levels of starch, fiber and lactose on digestion and growth performance of early-weaned rabbits. *Journal of Animal Science*. 80: 1029-1037.
- Lebas, F. and Ouhayoun, J. (1987). Incidence du niveau protéique de l'aliment, du milieu d'élevage et de la saison sur la croissance et les qualités bouchères du lapin. *Ann Zootech*. 36: 421-432.
- 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. *Ann. Zootech*. 46: 225-268.
- Maertens, L., Cavani, C., Luzi, F. and Capozzi, F. (1998). Influence du rapport protéines/énergie et de la source énergétique de l'aliment sur les performances, l'excrétion azotée et les caractéristiques de la viande des lapins en finition. 7emes Journ. Rech. Cunicole Fr., Lyon. Ed. INRA-IRTAVI: 163-166.
- Maertens, L., Cavani, C. and Petracci, M. (2005). Nitrogen and phosphorus excretion on commercial rabbit farms: calculations based on the input-output balance. *World Rabbit Sci*. 13: 3-16.
- Margüenda I., Nicodemus N., Vadillo S., Sevilla L., García Rebollar P., Villarroel M., Romero C. and Carabaño R. (2012). Effect of dietary type and level of fibre on rabbit carcass yield and its microbiological characteristics. *Livestock Sci*. 145: 7-12.
- Makled, M.N., M.A. Metwally, I.A. Soliman and H.A. and Younis, (2005). Impact of different levels of dietary multienzymes supplement on California rabbit performance. In Proc.: 3rd Int. Poult. Conf., Hurghada, Egypt.
- Marounek M., Vovk S. and Skrivanová V. (1995). Distribution of activity of hydrolytic enzymes in the digestive tract of rabbits. *Br. J. Nutr.*, 73: 463-469.
- Naveed, A., Acamovic, T. and Bedford, M.R. (1998). Effect of enzyme supplementation of UK-grown *Lupinus albus* on growth performance in broiler chickens. *Br. Poult. Sci*. 39: S36-S37.
- Olukosi, O.A., Cowieson, A.J. and Adeola, O. (2007). Age-related influence of a cocktail of xylanase, amylase, and protease or phytase individually or in combination in broilers. *Poult. Sci*. 86: 77-86.

- Ouhayoun, J. (1989). La composition corporelle du lapin. Inra Prod. Anim. 2: 215-226.
- Ouhayoun, J. and Cheriet, S. (1983). Valorization compare d'aliments à niveaux protéiques différents, par des lapins sélectionnés sur la vitesse de croissance et par des lapins provenant d'élevages traditionnels. I. Étude des performances de croissance et de la composition du gain de poids. Ann. Zootech. 32: 257-276.
- Parigi Bini, R., Xiccato, G. and Cinetto, M. (1988). Integrazione con metionina e lisina di sintesi di un mangime per conigli in accrescimento. Riv. Coniglicoltura. 25(8): 33-38.
- Parigi Bini, R., Xiccato, G., Dalle Zotte, A and Carazzolo, A. (1994). Effets de différents niveaux de fibre alimentaire sur l'utilisation digestive et al qualité bouchère chez le lapin. Proc. 6emes Journées de la Recherche Cunicole. 6-7 December, La Rochelle, France, ITAVI, Paris. 2: 347-354.
- Pérez, J.M., Lebas; F. and Gidenne, T. (1995). European reference method for *in vivo* determination of diet digestibility in rabbits. World Rabbit Science. 3(1): 41-43.
- Rojas Méndez M.P. (2011). Uso estratégico de enzimas en nutrición animal. Available at: <http://www.amevea-ecuador.org/memorias2011/pdf/USO%20ESTRATEGICO%20DE%20ENZIMAS%20EN%20NUTRICION%20ANIMAL.pdf>
- SAS Institute. 2002. SAS/STAT® User's Guide (Release 8.2). SAS Inst. Inc., Cary C, USA.
- Saiz A., Nicodemus N., Abelleira D., Fernández A., García-Ruiz A.I. (2011). Estudio de la composición corporal en conejos de 25 a 77 días de edad y aplicación de la técnica de impedancia bioeléctrica (BIA). In Proc. XXXVI Symposium de Cunicultura. Peñíscola, España.

CAPÍTULO III: Efecto de la fuente y del nivel de lignina sobre los parámetros productivos, composición de la canal, y excreción de nitrógeno, en gazapos en crecimiento.

1. Introducción

La fibra es uno de los principales constituyentes de los piensos comerciales para conejos en intensivo, que suelen incluir un tercio de forrajes y subproductos fibrosos (De Blas *et al.*, 1999). Las distintas fracciones de la fibra son uno de los factores nutricionales más importantes para la fisiología digestiva del conejo (De Blas *et al.*, 1999), y el uso del método secuencial de Van Soest *et al.* (1991) (FND, FAD y residuo en LAD), oficialmente reconocido por AFNOR (1997), ha mejorado las recomendaciones en fibra para reducir los desórdenes digestivos en gazapos en cebo (Gidenne, 2000; Carabaño *et al.*, 2006) y además presenta la ventaja de estimar varias fracciones de la fibra con una sola muestra (Gidenne, 2000).

La lignina es un polímero de subunidades aromáticas, que se forma por la unión de varios ácidos y alcoholes fenilpropílicos (cumarílico, coniferílico y sinapílico). El acoplamiento aleatorio de estos radicales da origen a una estructura tridimensional, compleja y ramificada, con un elevado peso molecular. Esta estructura sirve como matriz de otros compuestos polisacáridos, proporcionando a la pared celular rigidez y resistencia a la compresión y a agentes externos, como los microorganismos, impidiendo la penetración de las enzimas destructivas en la pared celular. También aporta propiedades hidrófobas a las paredes haciéndolas impermeables al agua (Whetten y Sederoff, 1995).

La lignina es el factor más limitante en cuanto a la disponibilidad de los compuestos de la pared celular de las plantas para la digestión animal (Van Soest, 1994). Está unida covalentemente a la hemicelulosa (Van Soest, 1994) y, por tanto el grado de lignificación de la FND afecta negativamente a la digestibilidad de la hemicelulosa (Gidenne *et al.*, 2010a). Se la considera prácticamente indegradable, sin embargo se han obtenido valores positivos en la digestibilidad de la lignina, aunque podrían deberse más a su solubilización que a su hidrólisis.

Varios estudios, indican que todos los factores que contribuyen al aumento del tiempo de retención (disminución del nivel de fibra, reducción del tamaño de partícula del pienso, restricción alimentaria) contribuyen a desestabilizar la actividad microbiana cecal y favorecen la enteritis (Gidenne *et al.*, 2010b). La fibra poco digestible (lignocelulosa o FAD, y lignina) disminuye el peso del contenido cecal (% del PV), aumenta la velocidad de tránsito (Gidenne, 1994, De Blas *et al.*, 1999 y Nicodemus *et al.*, 1999) y reduce el índice de riesgo sanitario y la mortalidad (Pérez *et al.*, 1994 y 1996; Nicodemus *et al.*, 1999; Gidenne *et al.*, 2001), por lo que los efectos favorables sobre la salud de un alto nivel de fibra poco digestible (lignocelulosa o FAD) podrían corresponder al control de la velocidad de paso de la digesta, particularmente en el segmento ceco-cólico. También aumentando la fracción de celulosa (FAD-LAD) se favorece la salud digestiva (Pérez *et al.*, 1996). Sin embargo la lignina juega un rol específico, ya que un aumento del índice lignina/celulosa (ILC) se asocia a un menor índice de riesgo sanitario (Gidenne *et al.*, 2001) y un descenso de los problemas digestivos y de las diarreas (Gidenne *et al.*, 2011).

En cuanto al RC, niveles decrecientes de fibra y su correspondiente aumento del nivel de almidón aumenta el contenido del ciego de los conejos (Dehalle, 1981; De Blas *et*

al., 1986; García *et al.*, 1993), un signo del mayor tiempo de retención de la digesta en el ciego, mientras que con piensos altos en fibra, se encuentra mayor contenido estomacal (De Blas *et al.*, 1986; Parigi Bini *et al.*, 1994), debido fundamentalmente al mayor nivel de ingestión. Estas variaciones se podrían tener en cuenta para la modificación del RC (Xiccato, 1999), que en general empeora cuanto mayor es el peso del tracto digestivo.

La contribución de la lignina, como se ha visto, es importante en la alimentación de conejos en crecimiento, con una tasa de incorporación mínima de un 4,1 % (Nicodemus *et al.*, 1999). Sin embargo, el uso creciente de materiales ricos en lignina en otras áreas distintas a la alimentación animal, está encareciendo su uso (Colin *et al.*, 2007). En este contexto, son interesantes los productos ricos en fibra como los subproductos de la uva o de la madera, que triturados y secados podrían ser usados en la alimentación animal para suplir la lignina y la celulosa.

La granilla de uva desengrasada es un subproducto, de la industria vitivinícola, y está constituida por las semillas de la uva. Las semillas están compuestas por un tegumento o cubierta muy lignificada y por un albumen rico en lípidos. Este aceite tiene un alto valor comercial y, por ello, se suele extraer con hexano. El producto resultante se denomina granilla desengrasada (1-2% extracto etéreo) y contiene, aproximadamente, un 50% de fibra bruta, y un alto contenido en LAD (42%) (FEDNA, 2010). Este alimento se comercializa en forma de harina y presenta la ventaja de que sale esterilizado del proceso de extracción del aceite. En muchas ocasiones, va entera y mezclada con otros subproductos de la vinificación (hollejo y escobajo) constituyendo todos juntos el orujo de uva (García *et al.*, 2002). En un estudio realizado por García *et al.* (2002), vieron que la inclusión de un 15 % de granilla desengrasada de uva favorecía la ingestión de alimento, mejoraba la GMD y la actividad específica de las disacaridasas en el intestino delgado de conejos en crecimiento, sin alterar la fermentación cecal.

El Arbocel[®], es una lignocelulosa procedente de subproductos de la madera con alto contenido en lignina. En un estudio realizado por Krieg *et al.* (2008) en el que se aumentó el ILC con un 3% de Arbocel[®], sugirieron que dicho aumento podría reducir la digestibilidad de la fibra y disminuir el índice de fermentación microbiana.

Por ello los objetivos de este estudio, fueron los de determinar el efecto de distintos niveles de lignina (de 4,25 a 7 %) procedentes de dos fuentes diferentes (granilla desengrasada de uva vs. Arbocel[®]) sobre los parámetros productivos, las características de la canal, la digestibilidad de los piensos y el balance de nitrógeno y energía, en gazapos durante el cebo, habiendo sido destetados a los 34 días de edad.

2. Material y métodos

2.1. Animales y alojamiento

Este experimento se realizó en el *Poultry and Rabbit Research Centre* (PRC) de Nutreco S.A. (Toledo). Se utilizaron un total de 936 gazapos de ambos sexos, híbridos comerciales de raza Neozelandés x Californiano. De ellos, 216 gazapos fueron destetados a 34 días de edad, y alojados en jaulas individuales (25x44cm). Todas ellas disponían de un comedero individual y un bebedero de chupete. Los otros 720 gazapos, se destetaron a los 35 días de edad, y hasta los 61 días de edad, fueron alojados (5 gazapos/jaula) en jaulas polivalentes (38x100 cm).

En las salas se controlaron las condiciones ambientales. La iluminación fue de 12 h luz y 12 h oscuridad, con ventilación dinámica de extracción lateral y la temperatura osciló entre los 20 y 26 °C.

2.2. Pienso

Los gazapos se asignaron, al azar, en un diseño factorial, con tres niveles (B = Bajo; M = medio y A = Alto) y dos fuentes (A= Arbocel®; G= Granilla) de lignina.

Para ello, se formularon 5 pienso distintos, isofibrosos (38% FND), isoenergéticos e isoproteicos, variando el contenido en lignina (5, 6 y 7% MS) y usando las dos fuentes distintas de lignina, el Arbocel® y la granilla desengrasada de uva. Todos los pienso se diseñaron para cumplir o exceder ligeramente las recomendaciones de De Blas y Mateos (2010) y se suministraron *ad libitum*.

En la Tablas 1 y 2 se muestran los ingredientes y la composición química analizada de los pienso. En las Tablas 3 y 4, la composición química de las fuentes de lignina usadas, según los análisis realizados por el laboratorio del PRC y según lo analizado por otros autores.

Tabla 1. Composición en ingredientes (%).

| | Bajo (AB y GB) | GM | GA | AM | AA |
|------------------------------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Trigo | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 15,1 |
| H. de Girasol | 6,24 | 7,93 | 9,62 | 12,4 | 8,96 |
| H. de Soja | 4,74 | 2,85 | 0,96 | 1,15 | 5,78 |
| Salvado de trigo | 32,0 | 32,0 | 32,0 | 27,6 | 26,5 |
| Paja de trigo | 6,00 | 3,00 | - | 3,87 | - |
| Alfalfa | 30,6 | 31,3 | 32,0 | 32,0 | 28,5 |
| Aceite de soja | 2,10 | 2,16 | 2,22 | 2,21 | 2,49 |
| Fosfato Monocálcico | 0,17 | 0,24 | 0,30 | 0,06 | 0,60 |
| CaCO ₃ | 0,44 | 0,62 | 0,80 | 0,70 | 0,80 |
| Sal | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 |
| Sepiolita | 1,68 | 1,84 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| Monoclorhidrato L-lis. | 0,05 | 0,08 | 0,12 | 0,12 | 0,02 |
| L-Treonina | 0,04 | 0,05 | 0,07 | 0,06 | 0,03 |
| Super NL-310-CL ¹ | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 |
| Arbocel | - | - | - | 2,00 | 8,30 |
| Granilla de uva | - | 2,01 | 4,02 | - | - |

¹Suministrado por Trouw Nutrition. Corrector minero vitamínico: Calcio: 0,44 g/kg; Sodio: 0,33 g/kg; E5 Manganese (Mn₂O₃): 20,00 mg/kg; E6 Zinc (ZnO): 60,00 mg/kg; E4 Cobre (CuSO₄·5H₂O): 18,00 mg/kg; E2 Yodo (KI): 1,10 mg/kg; E3 Cobalto (carbonato básico cobaltoso, monohidratado): 0,49 mg/kg; E8 Selenio (Na₂SeO₃): 0,05 mg/kg; E1 Hierro (FeCO₃): 78,00 mg/kg; E672 Vitamina A: 10000,00 UI/kg; E671 Vitamina D3 : 1080,00 UI/kg; 3a700 Vitamina E/acetato de todo-rac-alfa-tocoferilo: 36,00 UI/kg; Vitamina K: 1,00 mg/kg; Vitamina B1: 2,00 mg/kg; Vitamina B2: 6,00 mg/kg; Vitamina B6: 2,00 mg/kg; Vitamina B12: 10,00 mcg/kg; Niacina: 50,00 mg/kg; Pantotenato cálcico: 20,00 mg/kg; Ácido pantoténico: 18,40 mg/kg; Ácido Fólico: 5,00 mg/kg; Biotina: 60,00 mcg/kg; Cloruro de Colina: 260,00 mg/kg; E562 Sepiolita: 0,38 g/kg; E320 Butilhidroxianisol (BHA): 0,12 mg/kg; E321 Butilhidroxitolueno (BHT): 1,32 mg/kg; E324 Etoxiuina: 0,19 mg/kg; E771 Diclazuril 0,5 g/100 g (Clinacox 0,5 %): 1,00 mg/kg; Magnesio (MgO): 0,24 g/kg.

AB: arbocel bajo; GB: granilla bajo; AM: arbocel medio; GM: granilla medio; AA: arbocel alto; GA: granilla alto.

Tabla 2. Composición química analizada (%MS)

| | <u>Bajo (AB y GB)</u> | <u>GM</u> | <u>GA</u> | <u>AM</u> | <u>AA</u> |
|------------------------|------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Materia Seca | 89,0 | 89,0 | 89,5 | 89,8 | 89,7 |
| EB (Kcal/kg) | 4336 | 4374 | 4363 | 4351 | 4369 |
| Proteína Bruta | 18,4 | 17,9 | 17,6 | 17,7 | 18,1 |
| Fibra Bruta | 16,4 | 16,5 | 17,6 | 18,1 | 19,9 |
| Cenizas | 9,99 | 10,2 | 10,4 | 10,4 | 10,2 |
| Almidón (enzimático) | 15,5 | 15,6 | 15,9 | 15,1 | 14,5 |
| FND | 36,4 | 36,2 | 35,4 | 37,8 | 37,7 |
| FAD | 21,3 | 21,8 | 22,0 | 23,8 | 23,8 |
| LAD | 4,78 | 6,03 | 6,72 | 5,87 | 6,23 |
| Extracto Etéreo | 3,4 | 4,05 | 4,05 | 3,85 | 4,05 |
| ED (Kcal/Kg) | 2616 | 2586 | 2603 | 2537 | 2555 |
| PD | 12,0 | 11,4 | 11,1 | 11,1 | 11,7 |
| PD/ED | 10,9 | 10,6 | 10,2 | 10,5 | 11,0 |
| Hemicelulosa (FND-FAD) | 13,4 | 12,7 | 12,0 | 12,5 | 12,5 |
| Celulosa (FAD-LAD) | 13,4 | 12,8 | 12,3 | 14,6 | 14,4 |
| Índice LAD/Celulosa | 0,32 | 0,42 | 0,49 | 0,36 | 0,39 |

EB: Energía Bruta; ED: energía digestible, obtenida en el estudio mediante la prueba de digestibilidad. FB: Fibra Bruta; FND: Fibra Neutro Detergente; FAD: Fibra Ácido Detergente; LAD: Lignina Ácido Detergente. PD: proteína digestible, obtenida en el estudio mediante la prueba de digestibilidad.

AB: arbocel bajo; GB: granilla bajo; AM: arbocel medio; GM: granilla medio; AA: arbocel alto; GA: granilla alto.

Tabla 3. Composición química de la granilla desengrasada de uva, comparando distintos análisis.

| | <u>García <i>et al.</i></u> <u>(2002)</u> | <u>Gidenne</u> <u>(2003)</u> | <u>Propio</u> |
|------------------------------------|--|---|----------------------|
| <u>Composición química:</u> | | | |
| Materia seca | 90,0 | - | 86,0 |
| Cenizas | 5,84 | - | 3,07 |
| Extracto Etéreo | 3,60 | - | 1,40 |
| Fibra Neutro Detergente | 80,6 | 73 | 65,2 |
| Fibra Ácido Detergente | 72,0 | 65 | 57,1 |
| Lignina Ácido Detergente | 59,0 | 55 | 44,8 |
| Cutina Ácido Detergente | 46,0 | - | - |
| Fibra Bruta | 46,3 | 44,1 | 42,8 |
| Proteína Bruta | 11,0 | 9,9 | 9,98 |
| Pectinas insolubles en agua | - | 20 | - |
| Energía Bruta, kcal/kg MS | 4899 | - | - |

Tabla 4. Características analíticas del Arbocel[®] (%), comparando distintos análisis.

| | Colin <i>et al.</i> (2007) | Propio |
|--------------------------|-----------------------------------|---------------|
| Proteínas | 0,80 | - |
| Extracto Etéreo | 0,10 | - |
| Fibra Bruta | 67,6 | 69,4 |
| Cenizas | 0,30 | - |
| Almidón | 0,00 | - |
| Fibra Neutro Detergente | 84,8 | 86,6 |
| Fibra Ácido Detergente | 70,8 | 73,2 |
| Lignina Ácido Detergente | 23,9 | 27,7 |

2.3. Parámetros productivos

En el cebo individual se controló el consumo medio diario y el peso de los animales en dos periodos, de 34 a 48 días y de 49 a 60 días de vida, así como el índice de conversión y la mortalidad diaria durante el cebo.

En el cebo colectivo, se controló el peso y el consumo de cada jaula al inicio y al final del cebo (35 a 61 días de edad), y el índice de conversión y la mortalidad diaria.

2.4. Rendimiento canal

Al final de cebo (63 días de edad), 24 gazapos por tratamiento del cebo individual, fueron seleccionados para la evaluación del rendimiento de la canal. Los animales fueron sacrificados de acuerdo con los requerimientos dispuestos en la Convención Europea para la protección de los animales vertebrados usados para experimentación y otras causas científicas, (Directiva 2010/63/UE). Se midió el peso vivo previo al sacrificio (PVG) y el peso de la canal tras su enfriado a 4°C (PCF) que incluyó la cabeza, el hígado los riñones y los órganos localizados en tórax y cuello, y se calculó el rendimiento a la canal ($PCF \cdot 100 / PVG$); también se pesó el tracto digestivo completo, el hígado, el estómago, tanto lleno como vacío y el ciego lleno.

2.5. Prueba de digestibilidad

Se determinó la digestibilidad aparente de la materia seca (MS), materia orgánica (MO), energía bruta (EB), proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FND) y extracto etéreo (EE) en 11 gazapos de cada tratamiento, del cebo individual, según las indicaciones del método de referencia europea para la determinación *in vivo* de la digestibilidad de la dieta en conejos propuesto por Pérez *et al.* (1995).

2.6. Estimación de la composición química corporal

Para la estimación de la composición química corporal *in vivo* y de la canal se utilizó el método de Impedancia Bioeléctrica (BIA), a través de las ecuaciones desarrolladas por Saiz *et al.* (2011 a y b y 2013 a y b). Se midió en 15 gazapos por tratamiento del cebo individual, por duplicado, bloqueados por camada, a los 34 y a los 60 días de edad.

2.7. Balance nitrógeno y de energía

Para su cálculo se utilizaron 11 gazapos del cebo individual por cada tratamiento.

Con la proteína digestible (PD) calculada en la prueba de digestibilidad, calculamos el N digestible ingerido (ND_i) y estimamos el N excretado en heces (N_{Eh}) y en orina (N_{Eo}), suponiendo que el N no digestible es el que se excreta con las heces, y el N digerido menos el retenido en el animal vivo (N_{RT}) (incluidas las vísceras) es el que se excreta a través de la orina, en forma de urea:

$$N_i = \text{Consumo de pienso} \times [PB]_{\text{pienso}} / 6,25$$

$$ND_i = \text{Consumo de pienso} \times [PD]_{\text{pienso}} / 6,25$$

$$N_{Eh} = N_i - ND_i$$

$$N_{RT} = ([PB]_{\text{total corporal 60d}} - [PB]_{\text{total corporal 34d}}) / 6,25$$

$$N_{Eo} = ND_i - N_{RT}$$

Para la estimación de la excreción de nitrógeno en matadero ($N_{EMatadero}$), se calculó la diferencia entre el N total corporal retenido en el animal, incluídas las vísceras (N_{RT}) y el N retenido en la canal (N_{RC}). Siendo N_{RC} calculado a través de la siguiente ecuación:

$$N_{RC} = ([PB]_{\text{canal 60d}} - [PB]_{\text{canal 34d}}) / 6,25$$

Para la estimación del balance de energía se procedió de la misma forma.

2.8. Análisis químicos

Todos los análisis químicos, tanto de los piensos como de las heces, se realizaron por duplicado, siguiéndose los procedimientos descritos por la AOAC (2005) para la determinación de MS (942,05) de PB (968,06 N x 6,25; FP-528 LECO®, St. Joseph, MI (USA)) y cenizas (967,05). El contenido en almidón de los piensos se determinó mediante polarimetría. La fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y la lignina ácido detergente (LAD) fueron determinadas de acuerdo al método secuencial descrito por Van Soest *et al.* (1991). La energía bruta se determinó mediante bomba adiabática calorimétrica (Model 6100, Parr Instrument Company, Moline, IL). Y para determinar el extracto etéreo (EE) se realizó una hidrólisis ácida, tratando la muestra en caliente con ácido clorhídrico. Posteriormente se filtró y el residuo se sometió a análisis (RD 609/1999 n°4).

2.9. Análisis estadísticos

El análisis estadístico de todas las variables se ha hecho con un diseño al azar con una estructura factorial 3 x 2, incluyendo la camada como bloque. Todas las medias fueron corregidas por el peso al destete, que fue incluido en el modelo como covariable, a excepción de las digestibilidades que no se usó ninguna covariable, y de los análisis de la composición química y del incremento de ésta a lo largo del cebo, que se utilizó como covariable el valor inicial (a los 34 días) de cada elemento.

El análisis estadístico de todas las variables ha sido realizado utilizando un análisis de varianza con el procedimiento GLM del SAS vs 9.2 (Statistical Systems Institute Inc., 2002).

3. Resultados

En el cebo individual, el nivel de lignina no tuvo efecto ($P>0,1$) sobre ninguno de los parámetros estudiados, tampoco hubo interacción ($P>0,05$) entre la fuente y nivel de lignina (Tabla 5). Sin embargo, se observó una tendencia en el IC del primer periodo y en el del periodo completo de cebo ($P=0,06$ y $P=0,08$; respectivamente) a empeorar éste con el nivel mayor de lignina cuando la fuente es el Arbocel[®]. Esta interacción que indicaría un efecto de la fuente de lignina se corrobora al observarse un peor IC para los gazapos alimentados con Arbocel[®], en la segunda fase del cebo (3,33 vs 3,23; $P<0,05$) y en el cebo global (2,56 vs 2,52; $P<0,05$) y una tendencia a aumentar el consumo en el primer periodo (129 vs 127 g; $P=0,07$) sin afectar al consumo en el siguiente periodo, ni en el global. El crecimiento fue similar en los gazapos alimentados con ambas fuentes en todos los periodos.

En el cebo colectivo, hubo un efecto significativo ($P<0,05$) de la fuente, del nivel y de la interacción entre ambos sobre el IC (Tabla 6). Al igual que en el cebo individual, los gazapos alimentados con el nivel más elevado de Arbocel[®] empeoraron el IC (+1,42 %, $P<0,05$) sin que se observen diferencias significativas en el IC de los piensos con granilla de uva. Se apreció un efecto del nivel de lignina, con un peor IC en el nivel más alto respecto a los otros dos (2,70 vs 2,66 g/g, $P<0,05$), así como un ligero efecto positivo de la granilla respecto al Arbocel[®] (2,65 vs 2,69; $P<0,05$). A pesar de este efecto sobre el IC, no se vieron diferencias ($P>0,05$) sobre la ingesta del pienso (139 g/d) ni sobre el crecimiento de los animales (52,3 g/d), por lo que el peso final de los animales fue similar.

La mortalidad durante esta prueba fue muy baja, un 0,56 % en el cebo individual y un 2 % en el colectivo, y no se observaron diferencias ($P>0,05$) entre los tratamientos.

El peso vivo al sacrificio y el peso canal se vieron afectados significativamente por el nivel de LAD ($P<0,05$) (Tabla 7). Este efecto del peso al sacrificio no se vio en el peso final todos los animales utilizados en el control de los parámetros productivos (Tabla 7).

Tabla 5. Efecto del nivel y fuente de lignina sobre los parámetros productivos de gazapos de 34 a 60 días de edad en cebo individual.

| | <u>Fuente (F)</u> | | <u>Nivel (N)</u> | | | <u>Arbocel®</u> | | | <u>Granilla</u> | | | <u>EEM¹</u> | | | <u>P</u> | | |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|-----------------|------|------|-----------------|------|------|------------------------|------|------|----------|----|-------|
| | <u>Arbocel®</u> (A) | <u>Granilla</u> (G) | <u>Bajo</u> (B) | <u>Medio</u> (M) | <u>Alto</u> (A) | B | M | A | B | M | A | F | N | FxN | F | N | FxN |
| <i>1ª fase de 34 a 48 d:</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso 34 d, g | 922 | 909 | 922 | 907 | 918 | 925 | 909 | 931 | 919 | 905 | 904 | 7,25 | 8,81 | 12,3 | NS | NS | NS |
| Peso 48 d, g | 1807 | 1796 | 1803 | 1795 | 1806 | 1804 | 1809 | 1807 | 1803 | 1781 | 1804 | 6,25 | 7,59 | 10,6 | NS | NS | NS |
| GMD, g/d | 63,4 | 62,6 | 63,1 | 62,5 | 63,3 | 63,2 | 63,5 | 63,4 | 63,1 | 61,5 | 63,2 | 0,45 | 0,54 | 0,76 | NS | NS | NS |
| CMD, g/d | 129 | 127 | 128 | 128 | 130 | 128 | 129 | 132 | 127 | 126 | 128 | 0,84 | 1,02 | 1,43 | 0,071 | NS | NS |
| IC, g/g | 2,05 | 2,04 | 2,02 | 2,05 | 2,06 | 2,02 | 2,03 | 2,08 | 2,02 | 2,06 | 2,03 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | NS | NS | 0,061 |
| <i>2ª fase de 49 a 60 d:</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso 60 d, g | 2405 | 2406 | 2407 | 2396 | 2414 | 2407 | 2406 | 2402 | 2407 | 2386 | 2426 | 9,79 | 11,9 | 16,6 | NS | NS | NS |
| GMD, g/d | 49,8 | 50,9 | 50,3 | 50,1 | 50,7 | 50,3 | 49,7 | 49,5 | 50,4 | 50,5 | 51,8 | 0,50 | 0,62 | 0,86 | NS | NS | NS |
| CMD, g/d | 165 | 163 | 164 | 163 | 166 | 164 | 165 | 166 | 164 | 160 | 166 | 1,18 | 1,44 | 2,01 | NS | NS | NS |
| IC, g/g | 3,33 | 3,23 | 3,28 | 3,27 | 3,29 | 3,28 | 3,34 | 3,37 | 3,28 | 3,19 | 3,21 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | <0,05 | NS | NS |
| <i>Cebo completo de 34 a 60 d</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| GMD, g/d | 57,1 | 57,2 | 57,2 | 56,8 | 57,5 | 57,2 | 57,2 | 57,0 | 57,2 | 56,4 | 57,9 | 0,38 | 0,46 | 0,64 | NS | NS | NS |
| CMD, g/d | 146 | 144 | 144 | 144 | 147 | 144 | 146 | 148 | 144 | 142 | 145 | 0,90 | 1,09 | 1,53 | NS | NS | NS |
| IC, g/g | 2,56 | 2,52 | 2,52 | 2,54 | 2,55 | 2,52 | 2,55 | 2,59 | 2,52 | 2,52 | 2,51 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | <0,05 | NS | 0,083 |

¹EEM: Error estándar medio (n = 36); NS: no significativo (P > 0,1); CMD: consumo medio diario; GMD: ganancia media diaria; IC: índice de conversión.

Tabla 6. Efecto del nivel y fuente de lignina sobre los parámetros productivos de gazapos de 35 a 61 días de edad en cebo colectivo.

| | <u>Fuente (F)</u> | | <u>Nivel (N)</u> | | | <u>Arbocel®</u> | | | <u>Granilla</u> | | | <u>EEM¹</u> | | | <u>P</u> | | |
|--------------|-------------------|----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|------------------------|------|------|----------|-------|-------|
| | <u>A</u> | <u>G</u> | <u>Bajo</u> | <u>Medio</u> | <u>Alto</u> | B | M | A | B | M | A | F | N | FxN | F | N | FxN |
| Peso 35 d, g | 832 | 854 | 842 | 836 | 851 | 839 | 821 | 838 | 845 | 851 | 865 | 9,22 | 11,3 | 16,0 | NS | NS | NS |
| Peso 61 d, g | 2199 | 2204 | 2202 | 2201 | 2200 | 2200 | 2202 | 2194 | 2205 | 2201 | 2205 | 6,73 | 8,21 | 11,6 | NS | NS | NS |
| GMD, g/d | 52,1 | 52,3 | 52,3 | 52,2 | 52,2 | 52,2 | 52,3 | 52,0 | 52,4 | 52,2 | 52,4 | 0,26 | 0,32 | 0,45 | NS | NS | NS |
| CMD, g/d | 140 | 139 | 138 | 139 | 141 | 138 | 141 | 142 | 139 | 138 | 140 | 0,66 | 0,80 | 1,14 | NS | NS | NS |
| IC, g/g | 2,69 | 2,65 | 2,65 ^b | 2,67 ^b | 2,70 ^a | 2,64 ^a | 2,70 ^{bc} | 2,73 ^c | 2,65 ^a | 2,64 ^a | 2,66 ^{ab} | 0,01 | 0,01 | 0,01 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |

¹EEM: Error estándar medio (n=120); NS: no significativo (P > 0,1); GMD: ganancia media diaria; CMD: consumo medio diario; IC: índice de conversión.

Tabla 7. Efecto del nivel y fuente de lignina sobre las características de la canal.

| | <u>Fuente</u> | | <u>Nivel</u> | | | <u>Arbocel[®]</u> | | | <u>Granilla</u> | | | <u>EEM¹</u> | | | <u>P</u> | | |
|---------------------------------|---------------|-------|--------------|-------|-------|----------------------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|------------------------|-------|-------|----------|-------|-----|
| | A | G | Bajo | Medio | Alto | B | M | A | B | M | A | F | N | FxN | F | N | FxN |
| PV Sacrificio, g | 2513 | 2515 | 2521a | 2486b | 2536a | 2515 | 2471 | 2554 | 2527 | 2502 | 2518 | 9,79 | 11,2 | 16,9 | NS | <0,05 | NS |
| Peso canal, g | 1462 | 1465 | 1471a | 1447b | 1473a | 1466 | 1437 | 1482 | 1475 | 1457 | 1464 | 6,15 | 7,02 | 10,6 | NS | <0,05 | NS |
| RC, % | 58,2 | 58,2 | 58,3 | 58,2 | 58,1 | 58,3 | 58,1 | 58,1 | 58,4 | 58,2 | 58,1 | 0,12 | 0,14 | 0,21 | NS | NS | NS |
| <i>Parámetros productivos*:</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso 60 d, g | 2391 | 2395 | 2406a | 2367b | 2406a | 2404 | 2361 | 2408 | 2408 | 2373 | 2404 | 9,72 | 12,0 | 16,6 | NS | <0,05 | NS |
| GMD, g/d | 56,8 | 56,9 | 57,3a | 55,9b | 57,3a | 57,3 | 55,6 | 57,4 | 57,4 | 56,1 | 57,3 | 0,37 | 0,46 | 0,64 | NS | <0,05 | NS |
| CMD, g/d | 146 | 144 | 145 | 144 | 146 | 145 | 144 | 148 | 145 | 143 | 144 | 1,04 | 1,28 | 1,77 | NS | NS | NS |
| IC, g/g | 2,57 | 2,54 | 2,53 | 2,58 | 2,56 | 2,53 | 2,60 | 2,59 | 2,53 | 2,56 | 2,53 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | NS | NS | NS |
| <i>Peso: % PV:</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aparato digestivo | 17,7 | 17,5 | 17,9a | 17,4b | 17,5b | 17,9 | 17,3 | 17,7 | 17,8 | 17,6 | 17,2 | 0,11 | 0,14 | 0,19 | NS | 0,052 | NS |
| Estómago lleno | 4,16 | 4,12 | 4,23 | 4,20 | 3,99 | 4,26 | 4,07 | 4,14 | 4,20 | 4,33 | 3,83 | 0,086 | 0,11 | 0,15 | NS | NS | NS |
| Estómago vacío | 0,927 | 0,926 | 0,929 | 0,939 | 0,912 | 0,925 | 0,954 | 0,903 | 0,933 | 0,923 | 0,921 | 0,009 | 0,011 | 0,016 | NS | NS | NS |
| Ciego lleno | 6,38 | 6,21 | 6,63a | 6,16b | 6,09b | 6,66 | 6,34 | 6,13 | 6,60 | 5,98 | 6,04 | 0,079 | 0,096 | 0,14 | NS | <0,05 | NS |

¹EEM: Error estándar medio (n = 24); NS: no significativo (P > 0,1); RC: Rendimiento canal; GMD: ganancia media diaria; CMD: consumo medio diario; IC: índice de conversión; PV: Peso vivo. *Parámetros productivos de los animales usados para calcular las características de la canal.

Este efecto seguramente sea debido, a que para seleccionar los 24 gazapos por tratamiento, escogimos los animales con pesos más cercanos al peso medio, presentando los gazapos con una inclusión media de lignina un menor peso, de hecho al calcular la GMD, IC y CMD durante el cebo solo de los gazapos seleccionados para esta prueba, se observaron diferencias significativas en la GMD ($P < 0,05$) de los gazapos con un nivel medio de lignina. Pero al ser menor tanto el peso sacrificio como el peso canal, el rendimiento canal no se vio afectado ($P > 0,05$) por ningún tratamiento.

Se observó una tendencia ($P = 0,052$) del nivel de lignina sobre el peso relativo del aparato digestivo (%PV), siendo mayor en los animales con menor nivel de lignina (17,9 % vs 17,45 %, de media). Esta tendencia del aparato digestivo seguramente esté muy relacionada con el menor peso relativo del ciego ($P < 0,05$), de los gazapos con el nivel más bajo de lignina. A pesar del menor peso del aparato digestivo, el rendimiento a la canal no se vio afectado. Ni la fuente ni el nivel afectaron al RC (58,2 % de media).

Respecto a la digestibilidad fecal aparente (Tabla 8), el Arbocel[®] presentó una menor digestibilidad aparente de la MO respecto a la granilla de uva (58,9 vs 59,7 %; $P < 0,05$). El nivel de lignina, tuvo un efecto significativo ($P < 0,05$) sobre la digestibilidad aparente de la MS, MO, EB, cenizas, PB y EE. La digestibilidad aparente de la MS, MO y EB del pienso con el nivel más bajo de LAD fue mayor con respecto a la media de los otros dos: MS (58,4 vs 56,8%), MO (60,2 vs 58,7 %), EB (60,3 vs 58,9 %). La digestibilidad aparente de la PB del nivel medio fue menor que la del nivel más bajo (70,8 vs 73,2%, de media; $P < 0,05$) y el pienso con el nivel más alto de LAD presentó un valor intermedio (71,5%). La digestibilidad del EE aumentó con el nivel de inclusión de LAD (85,0, 86,1 y 88,2 %, respectivamente). Hubo interacción entre la fuente y el nivel sobre la digestibilidad del EE, debido a que en el nivel bajo y medio de Arbocel[®], la digestibilidad del EE fueron similares (85,3 % de media), mientras que en el nivel alto, la digestibilidad fue mayor (89,4 %), sin embargo cuando la fuente fue la granilla de uva, la digestibilidad aparente del nivel medio y alto fue similar entre ellos, y mayor al nivel bajo.

Aunque la fuente de lignina, no afectó a la digestibilidad aparente de la PB y la concentración proteica fue similar en todos los tratamientos, el ND_i fue mayor para los animales que consumieron el Arbocel[®] que para los que comieron granilla de uva (77,8 vs. 73,9 g N digestible/kg pienso; $P < 0,05$); sin embargo los gazapos de los tratamientos con granilla de uva presentaron una mayor eficacia de utilización del N (0,33 vs. 0,35%; $P < 0,05$). Esta mayor eficacia compensó el menor consumo, siendo la retención de N similar para ambas fuentes de lignina (0,667 g N/kg PV^{0,75}). El mayor consumo de ND y la menor eficacia de retención provocó mayor N_{Eo} en el Arbocel[®], (25,2 vs. 23,2 g N/Kg PV^{0,75}). El N excretado en heces no varió entre las fuentes de lignina (20,6 g N/ Kg PV^{0,75} de media), ya que la digestibilidad de la PB tampoco fue distinta. La fuente de LAD tampoco afectó significativamente al consumo de ED, ni a la excreción de energía, aunque se apreció una tendencia ($P = 0,069$) a una menor excreción de energía en forma de heces para los gazapos que consumieron granilla de uva, quizá por su mejor digestibilidad de la MO, ya que no hubo diferencias significativas para la digestibilidad de la EB.

En cuanto al efecto del nivel de lignina, el empeoramiento de la digestibilidad con el nivel medio y alto de LAD, provocó que el consumo de ND también empeorase para dichos niveles respecto al más bajo (80,7 vs 70,3 g N/kg pienso, de media; $P < 0,05$), sin embargo la retención de ND (0,667 g/Kg PV^{0,75}) no presentó diferencias significativas

($P > 0,05$), ya que mejoró la eficacia de retención del N (0,33 vs 0,35%, de media; $P < 0,05$), compensándose el menor consumo, y disminuyendo la excreción de N en orina (26,8 vs 24,5 g/ Kg $PV^{0,75}$) por esa menor ingesta y mayor retención. Aunque se esperaría también una diferencia en el N excretado en heces, debido a la tendencia que observamos en la digestibilidad y al menor consumo de PD durante el cebo, la cantidad de N en heces fue similar para los tres niveles de lignina (20,6 g/ Kg $PV^{0,75}$ de media). Hubo una tendencia en la interacción entre la fuente y el nivel sobre la eficacia de utilización del ND ($P = 0,077$). La eficacia de retención fue similar en los tres niveles de LAD, cuando la fuente fue Arbocel® (0,33% de media) mientras que con granilla de uva, la eficacia fue mayor para el nivel medio y alto que para el bajo (0,36 vs 0,33%).

Para la energía, el nivel únicamente afectó a la cantidad de EB excretada en las heces siendo un 2,88 %, de media, mayor en los niveles medio y alto respecto al bajo, como consecuencia de la peor digestibilidad de la EB, aunque, el consumo de ED, fue similar para los tres niveles de lignina, con una retención de ED y con unas eficacias de retención que no mostraron diferencias significativas.

La composición química de los animales (Tablas 11 y 12) tanto *in vivo*, como de la canal, no se vieron afectadas ni por el tipo de fuente, ni por el nivel de inclusión de lignina. Tampoco hubo interacción entre ambos parámetros.

Tabla 8. Efecto del nivel y fuente de lignina sobre la digestibilidad.

| | Fuente | | Nivel | | | Arbocel® | | Granilla | | EEM ¹ | | P | | | | | |
|------------------------------|--------|------|-------|-------|--------|----------|--------|----------|-------|------------------|-------|------|------|------|-------|--------|-------|
| | A | G | Bajo | Medio | Alto | B | M | A | B | M | A | F | N | FxN | F | N | FxN |
| <i>Consumo, g/d:</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Materia Seca | 164 | 164 | 165 | 164 | 164 | 163 | 164 | 165 | 167 | 163 | 162 | 2,53 | 3,10 | 4,38 | NS | NS | NS |
| Materia Orgánica | 148 | 147 | 148 | 147 | 147 | 147 | 147 | 148 | 150 | 146 | 145 | 2,27 | 2,78 | 3,93 | NS | NS | NS |
| <i>Digestibilidades (%):</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Materia Seca | 56,9 | 57,7 | 58,4a | 56,7b | 56,8b | 58,5 | 56,2 | 56,1 | 58,3 | 57,2 | 57,5 | 0,28 | 0,35 | 0,49 | 0,073 | <0,05 | NS |
| Materia Orgánica | 58,8 | 59,6 | 60,2a | 58,5b | 58,8b | 60,3 | 58,0 | 58,0 | 60,1 | 59,0 | 59,7 | 0,28 | 0,34 | 0,48 | <0,05 | <0,05 | NS |
| Proteína Bruta | 71,8 | 71,8 | 73,2a | 70,8b | 71,5ab | 73,2 | 69,9 | 72,4 | 73,1 | 71,7 | 70,7 | 0,54 | 0,67 | 0,94 | NS | <0,05 | NS |
| Energía Bruta | 59,0 | 59,7 | 60,3a | 58,7b | 59,1b | 60,3 | 58,3 | 58,5 | 60,3 | 59,1 | 59,7 | 0,29 | 0,35 | 0,50 | NS | <0,05 | NS |
| FND | 20,5 | 20,1 | 21,5 | 20,0 | 19,4 | 21,8 | 20,2 | 19,3 | 21,2 | 19,7 | 19,4 | 0,59 | 0,72 | 1,02 | NS | NS | NS |
| Extracto Etéreo | 86,6 | 86,3 | 85,0c | 86,1b | 88,2a | 85,1d | 85,4cd | 89,4a | 84,9d | 86,9bc | 87,1b | 0,32 | 0,40 | 0,56 | NS | <0,001 | <0,05 |

¹EEM: Error estándar medio (n = 11); NS: no significativo (P > 0,1); FND: Fibra Neutro detergente.

Tabla 9. Efecto del nivel y fuente de lignina sobre el balance de nitrógeno.

| | <u>Fuente</u> | | <u>Bajo</u> | <u>Nivel</u> | | <u>Arbocel[®]</u> | | | <u>Granilla</u> | | | <u>EEM¹</u> | | <u>P</u> | | | |
|---|---------------|----------|---------------|---------------|---------------|----------------------------|----------|----------|-----------------|----------|----------|------------------------|----------|------------|---------------|---------------|------------|
| | <u>A</u> | <u>G</u> | | <u>Medio</u> | <u>Alto</u> | <u>B</u> | <u>M</u> | <u>A</u> | <u>B</u> | <u>M</u> | <u>A</u> | <u>F</u> | <u>N</u> | <u>FxN</u> | <u>F</u> | <u>N</u> | <u>FxN</u> |
| ND _i , g/kg | 77,8 | 73,9 | 80,5 a | 74,5 b | 72,7 b | 80,7 | 76,0 | 76,5 | 80,3 | 72,7 | 68,8 | 0,88 | 1,08 | 1,53 | < 0,05 | < 0,05 | NS |
| E.U.N., % | 0,33 | 0,35 | 0,33 a | 0,35 b | 0,35 b | 0,33 | 0,33 | 0,34 | 0,33 | 0,36 | 0,36 | 0,003 | 0,003 | 0,005 | < 0,05 | < 0,05 | 0,077 |
| N _{RC} , g/gPV ^{0,75} /d | 0,67 | 0,67 | 0,68 | 0,70 | 0,66 | 0,67 | 0,66 | 0,67 | 0,68 | 0,68 | 0,64 | 0,006 | 0,007 | 0,010 | NS | NS | NS |
| <i>Nitrógeno excretado, g/KgPV^{0,75}</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Matadero ² | 9,69 | 9,13 | 9,34 | 9,49 | 9,41 | 9,22 | 10,3 | 9,58 | 9,45 | 8,71 | 9,23 | 0,23 | 0,28 | 0,40 | NS | NS | NS |
| Heces ³ | 20,4 | 20,7 | 20,2 | 20,9 | 20,7 | 20,2 | 20,8 | 20,3 | 20,2 | 20,9 | 21,1 | 0,40 | 0,49 | 0,70 | NS | NS | NS |
| Orina ⁴ | 25,2 | 23,2 | 26,5 a | 23,3 b | 22,9 b | 26,8 | 24,2 | 24,7 | 26,2 | 22,3 | 21,1 | 0,27 | 0,34 | 0,47 | < 0,05 | < 0,05 | NS |

¹EEM: Error estándar medio (n=11); NS: no significativo (P > 0,1). E. U. N.: Eficacia de utilización del N. ND_i: Nitrógeno digestible ingerido (g N/kg Pienso); N_{RC}: Nitrógeno retenido en la canal; ²Matadero: N retenido *in vivo* - N_{RC}/Kg PV^{0,75}; ³Heces: N ingerido - ND_i/Kg PV^{0,75}; ⁴Orina: ND_i - N_{RT}/Kg PV^{0,75}.

Tabla 10. Efecto del nivel y fuente de lignina sobre el balance de energía.

| | Fuente | | Bajo | Nivel | | Arbocel® | | | | Granilla | | EEM ¹ | | P | | | |
|--|--------|--------|-------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|--------------------|-------------------|--------------------|------------------|--------|--------|-------|-------|-------|
| | A | G | | Medio | Alto | B | M | A | B | M | A | F | N | FxN | F | N | FxN |
| ED _i , MJ | 41,2 | 40,4 | 42,3 | 40,2 | 39,7 | 42,5 | 40,7 | 40,4 | 42,2 | 39,8 | 39,1 | 0,65 | 0,84 | 1,16 | NS | NS | NS |
| E. U. EB, % | 0,22 | 0,23 | 0,23 | 0,22 | 0,22 | 0,23 ^{abc} | 0,22 ^c | 0,22 ^{abc} | 0,23 ^{ab} | 0,23 ^a | 0,22 ^{bc} | 0,002 | 0,003 | 0,004 | NS | NS | <0,05 |
| EB _{RC} , kJ/kgPV ^{0,75} /d | 236 | 237 | 244 | 234 | 231 | 242 | 229 | 236 | 246 | 239 | 227 | 3,62 | 4,70 | 6,48 | NS | NS | NS |
| <i>Energía excretada, MJ/KgPV^{0,75}</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Matadero ² | 0,0026 | 0,0025 | 0,0025 | 0,0025 | 0,0025 | 0,0025 | 0,0027 | 0,0026 | 0,0025 | 0,0024 | 0,0025 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | NS | NS | NS |
| Heces ³ | 19,0 | 18,5 | 18,3 ^a | 19,4 ^b | 18,6 ^{ab} | 18,3 | 19,8 | 19,0 | 18,3 | 18,9 | 18,2 | 0,20 | 0,26 | 0,36 | 0,069 | <0,05 | NS |
| Orina ⁴ | 17,3 | 17,0 | 17,7 | 16,9 | 16,9 | 17,9 | 17,2 | 16,9 | 17,5 | 16,9 | 16,9 | 0,28 | 0,36 | 0,50 | NS | NS | NS |

¹EEM: Error estándar medio (n=11); NS: no significativo (P > 0,1). E. U. EB: Eficacia de utilización de la EB. ED_i: Energía digestible ingerida; EB_{RC}: EB retenida en la canal; ²Matadero: EB retenida *in vivo* - EB_{RC}/Kg PV^{0,75}; ³Heces: EB ingerida - ED_i/Kg PV^{0,75}; ⁴Orina: ED_i - EB_{RT}/Kg PV^{0,75}.

Tabla 11. Efecto del nivel y fuente de lignina sobre la composición química *in vivo* a los 60 días y el incremento relativo al peso inicial de cada componente.

| | <u>Fuente</u> | | <u>Nivel</u> | <u>Nivel</u> | <u>Nivel</u> | <u>Nivel</u> | <u>Arbocel®</u> | | <u>Granilla</u> | | <u>EEM¹</u> | | <u>P</u> | | | | | |
|---|---------------|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|----------|-----------------|----------|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|
| | <u>A</u> | <u>G</u> | | | | | <u>Bajo</u> | <u>M</u> | <u>Alto</u> | <u>B</u> | <u>M</u> | <u>A</u> | <u>B</u> | <u>M</u> | <u>A</u> | <u>F</u> | <u>N</u> | <u>FxN</u> |
| <i>Composición in vivo 60 d (% MS):</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Humedad | 66,7 | 66,8 | 66,6 | 66,9 | 66,7 | 66,5 | 66,9 | 66,6 | 66,7 | 66,9 | 66,9 | 0,17 | 0,21 | 0,29 | NS | NS | NS | |
| Proteína Bruta | 47,4 | 47,6 | 47,3 | 47,7 | 47,5 | 47,1 | 47,6 | 47,4 | 47,4 | 47,7 | 47,7 | 0,24 | 0,29 | 0,41 | NS | NS | NS | |
| Cenizas | 9,45 | 9,54 | 9,48 | 9,55 | 9,47 | 9,45 | 9,44 | 9,45 | 9,50 | 9,65 | 9,48 | 0,069 | 0,084 | 0,119 | NS | NS | NS | |
| Extracto Etéreo | 36,4 | 36,4 | 36,3 | 35,9 | 36,3 | 36,5 | 36,3 | 36,4 | 36,1 | 35,5 | 36,1 | 0,34 | 0,41 | 0,58 | NS | NS | NS | |
| EB (kJ/100 g) | 2366 | 2359 | 2364 | 2358 | 2365 | 2367 | 2368 | 2362 | 2361 | 2348 | 2369 | 7,58 | 9,26 | 13,1 | NS | NS | NS | |
| <i>Variación relativa (de 34 a 60 días), %:</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Δ Peso | 161 | 159 | 162 | 158 | 160 | 163 | 160 | 161 | 162 | 156 | 159 | 2,41 | 2,94 | 4,16 | NS | NS | NS | |
| Δ Humedad | 133 | 132 | 134 | 131 | 132 | 134 | 132 | 133 | 134 | 129 | 132 | 1,74 | 2,13 | 3,01 | NS | NS | NS | |
| Δ Proteína | 172 | 169 | 173 | 168 | 170 | 173 | 171 | 172 | 172 | 165 | 169 | 2,69 | 3,29 | 4,65 | NS | NS | NS | |
| Δ Cenizas | 152 | 150 | 154 | 149 | 151 | 155 | 151 | 151 | 153 | 147 | 151 | 1,78 | 2,18 | 3,08 | NS | NS | NS | |
| Δ EE | 541 | 532 | 539 | 539 | 531 | 543 | 551 | 529 | 534 | 528 | 534 | 14,5 | 17,8 | 25,1 | NS | NS | NS | |
| Δ EB | 352 | 341 | 356 | 339 | 344 | 361 | 348 | 346 | 351 | 330 | 343 | 6,85 | 8,40 | 11,8 | NS | NS | NS | |

¹EEM: Error estándar medio (n=15); NS: no significativo (P > 0,1). EB: energía bruta. EE: extracto etéreo.

Tabla 12. Efecto del nivel y fuente de lignina sobre la composición química en la canal a los 60 días y el incremento relativo al peso inicial de cada componente.

| | <u>Fuente</u> | | <u>Bajo</u> | <u>Nivel</u> | | <u>Alto</u> | <u>Arbocel®</u> | | <u>B</u> | <u>Granilla</u> | | <u>F</u> | <u>EEM¹</u> | | <u>P</u> | | |
|---|---------------|----------|-------------|--------------|----------|-------------|-----------------|----------|----------|-----------------|----------|----------|------------------------|------------|----------|----------|------------|
| | <u>A</u> | <u>G</u> | | <u>M</u> | <u>B</u> | | <u>M</u> | <u>A</u> | | <u>M</u> | <u>A</u> | | <u>N</u> | <u>FxN</u> | <u>F</u> | <u>N</u> | <u>FxN</u> |
| <i>Composición in vivo 60 d (% MS):</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Humedad | 65,5 | 65,6 | 65,4 | 65,8 | 65,6 | 65,2 | 65,8 | 65,6 | 65,5 | 65,8 | 65,6 | 0,14 | 0,17 | 0,24 | NS | NS | NS |
| Proteína Bruta | 50,2 | 50,8 | 50,0 | 50,9 | 50,5 | 49,4 | 50,8 | 50,4 | 50,6 | 51,1 | 50,7 | 0,44 | 0,54 | 0,76 | NS | NS | NS |
| Cenizas | 13,5 | 13,2 | 13,4 | 13,4 | 13,2 | 13,4 | 13,5 | 13,5 | 13,3 | 13,4 | 12,9 | 0,11 | 0,13 | 0,18 | NS | NS | NS |
| Extracto Etéreo | 35,3 | 35,6 | 35,9 | 34,9 | 35,5 | 36,4 | 34,7 | 34,8 | 35,4 | 35,1 | 36,3 | 0,49 | 0,61 | 0,85 | NS | NS | NS |
| EB (KJ/100 g) | 2236 | 2254 | 2258 | 2235 | 2243 | 2267 | 2220 | 2221 | 2249 | 2249 | 2266 | 11,0 | 13,5 | 19,0 | NS | NS | NS |
| <i>Variación relativa (de 34 a 60 días), %:</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Δ Peso | 162 | 160 | 163 | 158 | 162 | 164 | 160 | 162 | 163 | 155 | 161 | 2,03 | 2,49 | 3,52 | NS | NS | NS |
| Δ Humedad | 140 | 138 | 141 | 137 | 139 | 141 | 139 | 140 | 140 | 134 | 139 | 1,63 | 2,00 | 2,82 | NS | NS | NS |
| Δ Proteína | 166 | 165 | 169 | 162 | 165 | 169 | 163 | 166 | 169 | 161 | 164 | 2,32 | 2,85 | 4,02 | NS | NS | NS |
| Δ Cenizas | 145 | 140 | 145 | 139 | 144 | 146 | 143 | 146 | 145 | 136 | 141 | 1,85 | 2,26 | 3,20 | NS | NS | NS |
| Δ EE | 526 | 514 | 539 | 496 | 524 | 550 | 500 | 528 | 527 | 493 | 521 | 11,2 | 13,7 | 19,3 | NS | NS | NS |
| Δ EB | 306 | 301 | 312 | 292 | 307 | 315 | 296 | 307 | 309 | 289 | 306 | 5,06 | 6,20 | 8,75 | NS | NS | NS |

¹EEM: Error estándar medio (n=15); NS: no significativo (P > 0,1). EB: energía bruta. EE: extracto etéreo.

4. Discusión

La composición química y la estructura física de la pared celular de las plantas varía bastante entre las fuentes de fibra, pudiendo tener dicho origen botánico de la lignina efectos importantes sobre la digestión de los conejos (De Blas *et al.*, 1999), sobre la digestibilidad, sobre la actividad enzimática del ciego (Gidenne, 2000) y sobre los rendimientos productivos (Pérez *et al.*, 1994). Por ejemplo, según Gidenne (2000) parece que el origen botánico afecta al IC o podría modular el efecto que tiene el nivel de lignina sobre el IC. Sin embargo, Gidenne (2000) y Pérez *et al.* (1994) no constataron un efecto del origen de la lignina sobre la digestibilidad de la MO, aunque si apreciaron que el origen botánico de la lignina parecía afectar al tiempo medio de retención del alimento, probablemente debido a su relación con el tamaño de partícula.

Según Colin *et al.* (2007) el Arbocel[®] no afecta a los rendimientos productivos ni al peso vivo final cuando se compara con piensos o con lignina proveniente de materias primas “tradicionales” como la alfalfa, mientras que García *et al.* (2002), observaron un sobreconsumo de pienso de los animales que tomaron granilla de uva, y un empeoramiento del IC. Sin embargo, en este trabajo observamos que el Arbocel[®] produjo un IC ligeramente superior respecto a la granilla de uva, tanto en el cebo colectivo como en el individual, sin que se vieran afectados el crecimiento y la ingesta del pienso. Griess *et al.* (1990) al incorporar una lignina extraída de madera en el pienso de gazapos, vieron que aumentaba la motilidad del ciego. También García *et al.* (2002) vieron un menor peso del contenido cecal, con la granilla de uva. Nosotros no apreciamos diferencias en el peso relativo del aparato digestivo, ni del ciego probablemente porque el efecto de ambas fuentes sobre la velocidad del tránsito es similar. Tampoco se vio afectado el rendimiento a la canal, aunque Colin *et al.* (2007), obtuvieron una mejora de 1,1 puntos con una dieta que contenía Arbocel[®].

La fuente de lignina afecto a la digestibilidad de la MO y la MS, de acuerdo a los resultados obtenidos por Gidenne (2000). García *et al.* (2002), observaron un efecto positivo de la granilla de uva, sobre la actividad enzimática en el intestino delgado, lo que podría reflejar una mayor capacidad funcional de la mucosa de los animales alimentados con esta fuente de fibra (Tang *et al.*, 1999).

A pesar de no observarse un efecto significativo de las fuentes de lignina sobre la digestibilidad de la proteína, la ingestión de nitrógeno fue menor para los gazapos que tomaron granilla de uva. Sin embargo, la eficacia de retención del N fue mayor para la granilla de uva y como consecuencia también la excreción de N (en orina) fue ligeramente menor. Este efecto podría deberse a la influencia positiva sobre las enzimas y el intestino de la granilla (García *et al.*, 2002 y Tang *et al.*, 1999). Aunque no hay trabajos que estudien como afecta la fuente de lignina a la absorción y excreción de N y de energía, pero según nuestros resultados se pone de manifiesto un efecto del origen botánico, con una menor excreción de N y de energía de los animales que se alimentaron con granilla de uva.

El tiempo de retención del contenido digestivo en el tracto digestivo es una característica importante de los piensos, ya que está relacionado con la ingesta voluntaria, y puede variar desde 16 hasta 54 horas dependiendo de la fuente de fibra, siendo de media 18 h para dietas normales (De Blas *et al.*, 1999). La retención cecal es el 60 % del tiempo de retención total, por eso hay una correlación negativa entre la velocidad de tránsito y el peso del contenido cecal (De Blas *et al.*, 1999).

El nivel de lignina afecta al tiempo medio de retención (TMR) de la digesta y por tanto a la velocidad de tránsito, apreciándose una variación del peso del ciego como han observado algunos autores (Gidenne y Pérez 1994; Nicodemus *et al.*, 1999; Gidenne, 2000; Nicodemus *et al.*, 2007). Nicodemus *et al.* (1999) observaron que al disminuir el nivel de lignina, el peso del contenido cecal aumentaba, y el consumo disminuía. Habitualmente si la concentración energética de los piensos está comprendida entre 9,2 y 13,4 MJ de ED/ kg (Gidenne y Pérez, 1994), los gazapos en crecimiento son capaces de ajustar el consumo para mantener la ingesta diaria de ED, manteniendo de ese modo la velocidad de crecimiento durante el cebo (Lebas, 1975; Partridge *et al.*, 1989, Gidenne y Pérez, 1994) y obteniendo pesos finales similares (Nicodemus *et al.*, 1999; Gidenne y Pérez, 1994; Colin *et al.*, 2007), pero si se incrementa el nivel de fibra se produce un mayor consumo de pienso (Gidenne y Pérez, 1994 Gidenne, 2000) y un empeoramiento del IC (Gidenne, 2000; Trocino *et al.* 2013). Por debajo de un mínimo de un 4,1 % de LAD (%MS), Pérez *et al.*, (1994) y Nicodemus *et al.* (1999), observaron un empeoramiento del crecimiento de los gazapos y una reducción de la ingestión, por lo que se recomienda incluir un mínimo de un 4,13 % de LAD (% MS).

Esto coincide con nuestros resultados, dónde con el nivel medio y alto de lignina también observamos un menor peso relativo del ciego, respecto al nivel bajo, que podemos relacionar con una mayor velocidad de tránsito, que aunque no llegó a afectar significativamente al consumo, sí afectó al IC. Sin embargo, ni el peso vivo final, ni la GMD se vieron afectados, ya que la energía suplía las necesidades de los gazapos y por tanto el consumo de ED, fue similar para todos los tratamientos, igual que observaron Gidenne (2000) y Pérez *et al.*, (1994).

El rendimiento a la canal no mostró diferencias significativas, aunque el peso del digestivo fue menor para el nivel medio y alto de lignina. Según Nicodemus *et al.* (1999) el nivel de fibra tiene un efecto opuesto en el estómago que en el ciego. Sin embargo nosotros no vimos ese efecto sobre el estómago y sí en el ciego, por lo que podrían haberse encontrado diferencias sobre el RC. De hecho Colin *et al.*, (2007) observaron una tendencia a mejorar en 0,8 puntos el rendimiento a la canal con el aumento del nivel de lignina. Aunque según Xiccato (1999), ni la fibra ni ninguna de sus fracciones juega un papel específico en la calidad de la canal, a parte de su papel de modificador de la concentración energética, que mientras no se modifique en exceso por la concentración de fibra y no perjudique el crecimiento de los gazapos, el rendimiento a la canal no se ve modificado.

El consumo de ED fue similar para todos los niveles, pero la digestibilidad de la energía bruta disminuyó con los niveles medio y alto. Como han indicado De Blas *et al.* (1999), un aumento del contenido en FAD de la dieta disminuye la energía digestible. También otros autores (Gidenne y Pérez, 1994; Nicodemus *et al.*, 1999; Gidenne, 2000; Trocino *et al.* 2013) han observado peores índices de digestibilidad (MS, MO, PB, EB, FND) según aumenta el nivel de lignina, asociado a la reducción del tiempo de retención (Gidenne, 2000) y del propio efecto negativo de la lignina sobre la digestión/fermentación de los alimentos (Gidenne y Pérez, 1994; Trocino *et al.*, 2013). Como en otras especies, la lignina podría dificultar la digestión de los conejos debido a sus enlaces covalentes con otros componentes de la pared celular (Van Soest, 1994). Generalmente se observa una reducción de la digestibilidad de las proteínas según aumenta el contenido en lignina (Falcao-e-Cunha, 1988, Gidenne, 1987 y Motta 1990), aunque Nicodemus *et al.* (1999) y Gidenne (2000), vieron que la digestibilidad de la PB aumentó al incrementar el nivel de lignina, mientras que García *et al.* (2002) y Gidenne

y Pérez (1994) no encontraron diferencias en la digestibilidad del N. Sin embargo, en este trabajo solo observamos una disminución de la digestibilidad con el nivel medio de lignina; estos mismos autores, al igual que en este trabajo, no observaron diferencias en la digestibilidad de la fibra, aunque mayoritariamente se observa un empeoramiento de la digestibilidad de la FND, a mayor nivel de lignina en el pienso (Gidenne y Pérez, 1994; Nicodemus *et al.*, 1999; García *et al.*, 2002). En cuanto a la digestibilidad del EE, observamos un aumento lineal con el nivel de lignina, como hemos dicho antes mayor nivel de lignina empeora la digestibilidad de los nutrientes, por lo que este aumento puede ser debido a que las dietas con más lignina, tenían un contenido graso un poco más elevado, y algo más de aceite de soja. Según Maertens (1998) los aceites vegetales son altamente digestibles y Casado *et al.* (2010) también encontraron que la digestibilidad del EE con los aceites vegetales era más alta. Por otra parte, Fernández y Fraga (1994 y 1996), observaron que un mayor nivel de EE en el pienso mejoraba la digestibilidad del EE aunque el pienso tuviera más FAD, y sin afectar a la EB ingerida ni a la eficacia de retención de la energía.

A pesar de que un mayor contenido en fibra del pienso disminuye la retención de EB (De Blas *et al.*, 1999), en este trabajo no se observó un efecto del nivel de lignina sobre la eficacia de retención, ni sobre la energía digestible consumida, ni la excretada total, debido a que el contenido en fibra de los piensos fue similar.

Como la digestibilidad de la proteína empeoró con los niveles medio y alto, el nitrógeno digestible que consumieron los gazapos fue menor ($P < 0,05$), mientras que la eficacia de utilización del nitrógeno aumentó, por lo que el nitrógeno retenido fue similar para los tres niveles estudiados. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Maertens *et al.*, (1997), que observaron una mejora de la eficacia de retención de N en los conejos alimentados con los piensos de menor contenido proteico. Como la PD en estos piensos (nivel medio y alto) fue menor, se ha obtenido el mismo efecto sobre la eficacia de utilización del ND. La excreción de N en heces a pesar de la peor digestibilidad de la PB no varió, sí que lo hizo el N en orina, que fue menor para el nivel medio y alto, debido probablemente, a que el nitrógeno retenido fue similar, pero el nitrógeno digestible consumido fue menor.

La cantidad de nitrógeno excretado en heces fue un poco más alta en la prueba anterior (21,2 vs. 20,5 g/Kg $PV^{0,75}$) ya que la digestibilidad del N fue ligeramente menor (68,0 vs 71,8 %). sin embargo el N_{EO} en orina fue mayor a la que obtuvimos en la prueba anterior (24,2 vs. 15,6 g/Kg $PV^{0,75}$) debido a que la ingesta de ND fue mayor (75,8 vs. 59,4 g/ kg) y el nitrógeno retenido menor (0,667 vs. 0,705 g N/ Kg $PV^{0,75}$ y d). Aun así estos resultados siguen siendo más bajos que los calculados por Maertens *et al.* (2005) y más parecidos a los de Calvet *et al.* (2008).

Ya que la retención de N y energía no variaron entre tratamientos, tampoco se modificó la composición corporal *in vivo* ni de la canal, ya que la relación PD/ED del pienso y/o la cantidad en fibra, tiene que ser muy elevada o muy baja de modo que afecte al consumo de ED y PD de los gazapos (Maertens, 1999 y Xiccato, 1999).

Hay trabajos (Pérez *et al.*, 1994; Gidenne *et al.*, 2001) que ponen de manifiesto una mejora de la mortalidad, así como del índice de riesgo sanitario y de la morbilidad de los gazapos a mayor nivel de lignina, sin embargo debido a la baja mortalidad que obtuvimos en la realización de esta prueba, no apreciamos diferencias significativas.

5. Conclusiones

La fuente de lignina ni su nivel afectan de forma relevante a los rendimientos productivos ni las características de la canal, pese al ligero efecto negativo del nivel de lignina sobre la digestibilidad y del Arbocel[®] sobre el índice de conversión.

6. Referencias

- AFNOR (1997). Norme Française homologue: Aliments des animaux. Détermination séquentielle des constituants pariétaux. Méthode par traitement aux détergents neutre et acide et à l'acide sulfurique. AFNOR, Paris, NF V 18-122, 11 pp.
- A.O.A.C. (2005). Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists. USA.
- Calvet, S., Estellés, F., Hermida, B., Blumetto, O. and Torres, A.G. (2008). Experimental balance to estimate efficiency in the use of nitrogen in rabbit breeding. *World Rabbit Sci.* 16: 205-211.
- Carabaño, R., Badiola, I., Licois, D. and Gidenne, T. (2006). The digestive ecosystem and its control through nutritional or feeding strategies. In *Proc. Recent advances in Rabbit Sciences* (Maertens, L. and Ducoudré, P. eds) COST (ESF) and ILVO, Melle, Belgium, pp. 211-229.
- Casado, C., Moya, V.J., Fernández, C., Pascual, J.J., Blas, E. and Cervera, C. (2010). Diet digestibility in growing rabbits: effect of origin and oxidation level of dietary fat and vitamin E supplementation. *World Rabbit Sci.*, 18: 57-63.
- Colin, M., Binet, E. and Prigent, A. Y. (2007). Influence de l'incorporation d'un concentré fibreux riche en lignine sur la mortalité, la croissance et le rendement à l'abattage du lapin. 12^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, Le Mans, France. pp. 113-116.
- De Blas, C. and Mateos, G.G. (2010). Feed formulation. In: de Blas, C., Wiseman, J. (Eds.). *The Nutrition of the Rabbit*. CAB International, Wallingford, UK. pp.222-232.
- De Blas, J.C., Santomá, G., Carabaño, R. and Fraga, M.J. (1986). Fiber and starch levels in fattening rabbit diets. *J. Anim. Sci.*, 63: 1897-1904.
- De Blas, J.C., García, J. and Rosa, C. (1999). Role of fibre in rabbit diets. A review. *Ann. Zootech.*, 48: 3-13.
- Dehalle, C. (1981). Equilibre entre les apports azotés et énergétiques dans l'alimentation du lapin en croissance. *Ann. Zootech.*, 30: 197-208.
- Directiva 2010/63/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de septiembre de 2010 relativa a la protección de los animales utilizados para fines científicos. Diario Oficial de la UE, pp. L 276/33 – L 276/79.
- Falcao-e-Cunha, L. (1986). Influence chez le lapin adulte de l'origine et du taux de lignine alimentaire sur la digestibilité de la ration et l'importance de la caecotrophie. 4^e Journ. Rech. Cunicole Fr, Paris, 10-11 déc., Communication n°8: 8.1-8.9. ITAVI ed, Paris.

- FEDNA (2010). Federación española para el desarrollo de la nutrición animal. Available at: http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/granilla-de-uva.
- Fernández, C., Cobos, A. and Fraga, M.J. (1994). The effect of fat inclusion on diet digestibility in growing rabbits. *J. Anim. Sci.*, 72: 1508-1515.
- Fernández, 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 Sci.*, 4(1): 19-23.
- García, G., Gálvez, J.F. and De Blas, J.C. (1993). Effect of substitution of sugar beet pulp for barley in diets for finishing rabbits on growth performance and on energy and nitrogen efficiency. *J. Anim. Sci.*, 71: 1823-1830.
- García, J., Nicodemus, N., Carabaño, R. and De Blas, J.C. (2002). Effect of inclusion of defatted grape seed meal in the diet on digestion and performance of growing rabbits. *J. Anim. Sci.*, 80: 162-170.
- Gidenne, T. (1987). Utilisation digestive de rations riches en lignines chez le lapin en croissance: mesures de flux et de transit dans différents segments digestifs. *Ann. Zootech.*, 36: 95-108.
- Gidenne, T. (1994). Effets d'une réduction de la teneur en fibres alimentaires sur le transit digestif du lapin. Comparaison et validation de modèles d'ajustement des cinétiques d'excrétion fécale des marqueurs. *Reprod. Nutr. Dev.*, 34: 295-307.
- Gidenne, T. (2000). Recent advances and perspectives in rabbit nutrition: Emphasis on fibre requirements. *World Rabbit Sci.*, 8: 23-32.
- Gidenne, T. and Pérez, J.M. (1994). Apports de lignines et alimentation du lapin en croissance. I. Conséquences sur la digestion et le transit. *Ann. Zootech.*, 43: 313-322.
- Gidenne, T., Arveux, P. and Madec, O. (2001). The effect of the quality of dietary lignocellulose on digestion, zootechnical performance and health of the growing rabbit. *Animal Science*, 73: 97-104.
- Gidenne, T., Carabaño, R., García, J. and De Blas, C. (2010a). Fibre digestion. In *Proc. Nutrition of the Rabbit*, 2nd Edition. 2010, C. de Blas and J. Wiseman (eds). ©CAB International, pp. 66-82.
- Gidenne, T., García, J., Lebas, F. and Licois, D. (2010b). Nutrition and feeding strategy: interactions with pathology. In *Proc. Nutrition of the Rabbit*, 2nd Edition. 2010, C. de Blas and J. Wiseman (eds). ©CAB International, pp. 179-199.
- Gidenne, T., Combes, S., Briens, C., Duperray, J., Rebours, G., Salaun, J.M., Weissman, D., Fortun-Lamothe, L., Combe, Y. and Travel, A. (2011). Restricted intake and dietary protein concentration: effect on digestion and nitrogen excretion. In *Proc. 13ème J. Rech. Cunicoles*, 22-23 nov., Le Mans, ITAVI publ., Paris, France, 21-24.

- Griess, D., Rekis, J., Enjalbert, F. and Condorcet, D. (1990). Effets de l'addition d'une lignine modifiée sur l'utilisation digestive de la ration chez le Lapin. 5èmes Journ. Rech. Cunicola Fr. Paris, pp. 55.
- Krieg, R., Schüle, S. and Dohms, J. (2008). Lignocellulose als sichere Rohfaserquelle zur Leistungsstabilisierung bei Häsinnen und Jungtieren in der Kaninchenzucht. In: 7.BOKU- Symposium Tierernährung: Wien, Austria, pp. 136 - 145.
- Lebas, F. (1975). Influence de la teneur en énergie de l'aliment sur les performances de croissance chez le lapin. Ann. Zootechn., 24: 281-288.
- 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. Ann. Zootech., 46: 225-268.
- Maertens, L. (1998). Fats in rabbit nutrition: A review. World Rabbit Science, 6 (3-4): 341-348.
- Maertens, L. (1999). Towards reduced feeding costs, dietary safety and minimal mineral excretion in rabbits: A review. World Rabbit Sciences, 7 (2): 65-74.
- Maertens, L., Cavani, C. and Petracci, M. (2005). Nitrogen and phosphorus excretion on commercial rabbit farms: calculations based on the input-output balance. World Rabbit Sci., 13: 3-16.
- Motta, W. (1990). Efectos de la sustitución parcial de heno de alfalfa por orujo de uva o pulpa de remolacha, sobre la utilización de la dieta y los rendimientos en conejos en crecimiento. PhD Thesis. Universidad Politécnica de Madrid, pp. 251.
- Nicodemus, N., Carabaño, R., García, J., Mendez, J. and de Blas, J.C. (1999). Performance response of lactating and growing rabbits to dietary lignin content. Animal Feed Science and Technology., 80: 43-54.
- Nicodemus, N., García, R., Carabaño R. and De Blas C. (2007). Effect of substitution of a soybean hull and grape seed meal mixture for traditional fiber sources on digestion and performance of growing and lactating does. J. Anim. Sci., 85: 181-187.
- Parigi Bini, R., Xiccato, G., Dalle Zote, A. and Carazzolo, A. (1994). Effets de différents niveaux de fibre alimentaire sur l'utilisation digestive et la qualité bouchère chez le lapin. In Proc. 6èmes Journées de la Recherche Cunicole. La Rochelle, France, ITAVI, Paris, (2): 347-354.
- Partridge, G.G., Garthwaite, P.H. and Findlay, M. (1989). Protein and energy retention by growing rabbits offered diets with increasing proportion of fibre. J. Agric. Sci. UK., 112: 171-178.
- Pérez, J.M., Gidenne, T., Lebas, F., Caudron, I., Arveux, P., Bourdillon, A., Duperray, J. and Messenger, B. (1994). Apports de lignines et alimentation du lapin en croissance. II. Conséquences sur les performances de croissance et la mortalité. Annales de Zootechnie, 43: 323-332.
- Pérez, J.M., Lebas, F. and Gidenne, T. (1995). European reference method for *in vivo* determination of diet digestibility in rabbits. World Rabbit Science, 3(1): 41-43.

Pérez, J.M., Gidenne, T., Bouvarel, I., Caudron, I., Arveux, P., Bourdillon, A., Briens, C., Le Naour, J., Messenger, B. and Mirabito, L. (1996). Apports de cellulose dans l'alimentation du lapin en croissance. II. Conséquences sur les performances et la mortalité. *Annales de Zootechnie*, 45: 299-309.

Real decreto 609/1999, de 16 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 2257/1994, de 25 de noviembre, por el que se aprueban los métodos oficiales de análisis de piensos o alimentos para animales y sus primeras materias. *Boletín Oficial del Estado* Nº 103, pp. 15901-15910.

SAS Institute. 2002. SAS/STAT® User's Guide (Release 8.2). SAS Inst. Inc., Cary NC, USA.

Saiz, A., Nicodemus, N., Abelleira, D., Fernández, A. and García-Ruiz, A.I. (2011a). Estudio de la composición corporal en conejos de 25 a 77 días de edad y aplicación de la técnica de impedancia bioeléctrica (BIA). In *Proc. XXXVI Symposium de Cunicultura de ASESCU*. Peñíscola, España, pp. 89-91.

Saiz, A., Nicodemus, N., Abelleira, D., Fernández, A. and García-Ruiz, A.I. (2011b). Estima de la composición corporal en conejos de 25 a 77 días de edad mediante la técnica de impedancia bioeléctrica (BIA). In *Proc. XXXVI Symposium de Cunicultura de ASESCU*. Peñíscola, España, pp. 92-95.

Saiz, A., García-Ruiz, A.I., Martin E., Fernández, A. and Nicodemus N. (2013a). Aplicación de la técnica de Impedancia Bioeléctrica al estudio de la composición química de la canal de conejos de 35 a 63 días de edad. In *Proc. XXXVIII Symposium de Cunicultura de ASESCU*. Zamora, España, pp. 162-165.

Saiz, A., García-Ruiz, A.I., Martin E., Fernández, A. and Nicodemus N. (2013b). Evaluación de la técnica de Impedancia Bioeléctrica (BIA) para estimar la composición química de la canal de conejos de 35 a 63 días de edad. In *Proc. XXXVIII Symposium de Cunicultura de ASESCU*. Zamora, España, pp. 166-169.

Tang, M., Laaveld, B., Van Kessel, A.G., Hamilon, D.L., Estrada, A. and Patience, J.F. (1999). Effect of segregated early weaning on postweaning small intestinal development in pigs. *Journal of Animal Science*, 77: 3191-3200.

Trocino, A., García, J., Carabaño, R. and Xiccato, G. (2013). A meta-analysis on the role of soluble fibre in diets for growing rabbits. *World Rabbit Sci.*, 21:1-5.

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

Van Soest, P.J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant*. 2nd eds. Cornell University Press, Ithaca, New York, Usa.

Whetten, R. and Sederoff, F. (1995). Lignin biosynthesis. *Plant. Cell.*, 7: 1001-1013.

Xiccato, G. (1999). Feeding and meat quality in rabbits: A review. *World Rabbit Sci.*, 7 (2): 75-86.

CONCLUSIONES GENERALES

- Ninguno de los ensayos realizados mejoró el rendimiento a la canal.
- La adición de enzimas en un pienso que suple las necesidades nutricionales de los gazapos y en un pienso con peor valor nutricional, y con gazapos que presentan un buen estado sanitario, no parece tener un efecto positivo claro sobre los parámetros productivos en el conjunto del periodo de cebo.
- Cuando el pienso suple las necesidades nutricionales de los gazapos, incluso hay un empeoramiento de la digestibilidad, que no llega a afectar a los rendimientos productivos, ni al rendimiento de la canal, ni a la excreción de N al medio.
- De añadirse el complejo enzimático en un pienso que suple las necesidades nutricionales de los gazapos, y que presentan un buen estado sanitario, estaría recomendado su uso sólo en la primera etapa del cebo (34 a 48 días), y en la segunda fase (48-60 días), no sería recomendable superar más de 400 ppm de inclusión.
- La adición de enzimas en piensos con peor valor nutricional no mejoró la digestibilidad, aunque sí que mejoró el balance nitrogenado y energético de los animales reduciendo las pérdidas energéticas y la excreción de nitrógeno al medio.
- Piensos con una menor relación PD/ED y más FND mejoran la digestibilidad de los nutrientes y el IC, pero reducen el contenido graso de las canales y la excreción de N al medio en un 12%.
- Sería recomendable realizar un cebo en fases, más acorde a las necesidades de los gazapos en cada momento, para reducir la excreción de N en las heces y en la orina.
- La fuente de lignina ni su nivel afectan de forma relevante a los rendimientos productivos ni las características de la canal, pese al ligero efecto negativo del nivel de lignina sobre la digestibilidad y del Arbocel[®] sobre el índice de conversión.