

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior
de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural



Efecto del contenido en arginina del pienso sobre la digestibilidad y el rendimiento productivo en cebo de dos líneas genéticas de conejos

TRABAJO FIN DE MÁSTER EN INGENIERÍA AGRONÓMICA

Autor: Francisco Javier Sancho Serna

Tutor: Enrique Blas Ferrer

Cotutor: Eugenio Melchor Martínez Paredes

Directora experimental: Catarina Alexandra Peixoto Gonçalves

Curso académico 2020/2021

Valencia, Julio de 2021

Efecto del contenido en arginina del pienso sobre la digestibilidad y el rendimiento productivo en cebo de dos líneas genéticas de conejos

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue comprobar si la concentración de arginina utilizada actualmente en los piensos para el engorde conejos es la adecuada, partiendo de la hipótesis de que tras la selección genética realizada desde que se establecieron las recomendaciones puede que éstas hayan quedado obsoletas. Se formularon y fabricaron 5 piensos con un mismo valor nutricional a excepción de su contenido en arginina (6.5, 9.6, 11.1, 13.2 y 14.9 g/kg materia seca, para los piensos P1, P2, P3, P4 y P5 respectivamente). Se emplearon un total de 345 gazapos destetados y pesados a los 28 días de vida, que pertenecían a dos líneas genéticas distintas, la maternal LP y la paternal RLP, distribuidos en cuatro tandas de cebo. Los gazapos se alojaron en jaulas individuales y recibieron pienso y agua *ad libitum* durante todo el experimento. Diariamente se comprobó la mortalidad y la morbilidad de los gazapos y se realizaron controles de su peso e ingestión de pienso a los 49 y 63 días de vida. Durante la primera y segunda tanda de cebo se realizó un ensayo de digestibilidad entre los 49 y 53 días de vida en un total de 64 animales. El pienso P1 dio lugar a una menor ganancia de peso e ingestión que el resto de los piensos en el periodo de 28 a 49 días de vida (-25% y -26%, respectivamente, $P < 0.001$). Aunque este retraso del crecimiento fue parcialmente compensado en el periodo de 49 a 63 días de vida, la compensación no llegó a completarse, ya que en el conjunto del cebo la ganancia de peso y la ingestión fueron menores con el pienso P1 que con el resto de los piensos (-11% y -15%, respectivamente, $P < 0.001$). Dado que no hubo diferencias entre los piensos P2, P3, P4 y P5 en lo que se refiere a la ganancia de peso, ingestión de pienso e índice de conversión en ninguno de los periodos considerados durante el cebo, puede concluirse que las necesidades de arginina para el crecimiento de los gazapos en cebo quedan cubiertas con el contenido en arginina del pienso P2, es decir, 9.6 g/kg MS, sin que contenidos de arginina superiores den lugar a mejoras del rendimiento productivo. Por otro lado, la línea RLP presentó mejor rendimiento productivo que la línea LP, registrando en el conjunto del cebo valores un 29% y un 34% superiores para la ingestión y la ganancia de peso respectivamente ($P < 0.001$), siendo el índice de conversión un 5% menor ($P = 0.026$). Sin embargo, la línea LP presentó menor mortalidad que la línea RLP (20.6% vs. 41.5%, $P < 0.001$) Finalmente, ni el pienso ni la línea genética afectaron a la digestibilidad de la materia seca, la materia orgánica y la proteína bruta.

Palabras clave: conejo, arginina, línea genética, crecimiento, digestibilidad

Alumno: Francisco Javier Sancho Serna

Tutor: Enrique Blas Ferrer

Cotutor: Eugenio Melchor Martínez Paredes

Directora experimental: Catarina Alexandra Peixoto Gonçalves

Valencia, Julio de 2021

Effect of the dietary arginine content on digestibility and growth performance of two genetic lines of rabbits

ABSTRACT

The aim of the study was to check if the arginine content currently used in the feed for growing rabbits is adequate, based on the hypothesis that after the genetic selection carried out since the recommendations were established, they may have become obsolete. Five diets were formulated and manufactured with the same nutritional value except for their arginine content (6.5, 9.6, 11.1, 13.2 and 14.9 g/kg dry matter, for diets P1, P2, P3, P4 and P5 respectively). A total of 345 young rabbits weaned and weighed at 28 days of age were used, which belonged to two different genetic lines, the maternal LP and the paternal RLP, distributed in four batches. The animals were housed in individual cages and received feed and water *ad libitum* throughout the experiment. Mortality and morbidity were checked daily while weight and feed intake were checked at 49 and 63 days of age. During the first and second batches, a digestibility trial was carried out between 49 and 53 days of age in a total of 64 animals. The P1 diet resulted in a lower weight gain and intake than the rest of the diets in the period from 28 to 49 days of age (-25% and -26%, respectively, $P < 0.001$). Although this growth retardation was partially compensated in the period from 49 to 63 days of age, the compensation was not completed, since in the whole growth period the weight gain and the feed intake were lower with the P1 diet than with the rest of diets (-11% and -15%, respectively, $P < 0.001$). Given that there were no differences between the P2, P3, P4 and P5 diets in terms of weight gain, feed intake and conversion *ratio* in any of the periods considered, it can be concluded that the arginine requirement for growing are covered with the arginine content of the P2 diet, that is, 9.6 g/kg dry matter, without higher arginine contents giving rise to improvements in performance. On the other hand, the RLP line presented better performance than the LP line, registering 29% and 34% higher values for feed intake and weight gain respectively in the whole growing period ($P < 0.001$), being the conversion *ratio* lower by 5% ($P = 0.026$). However, the LP line presented lower mortality than the RLP line (20.6% vs. 41.5%, $P < 0.001$). Finally, neither the diet nor the genetic line affected the digestibility of dry matter, organic matter and crude protein.

Keywords: rabbit, arginine, genetic line, growing, digestibility

Student: Francisco Javier Sancho Serna

Academic tutor: Enrique Blas Ferrer

Cotutor: Eugenio Melchor Martínez Paredes

Experimental director: Catarina Alexandra Peixoto Gonçalves

Valencia, July 2021

ÍNDICE

ÍNDICE.....	iv
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	1
MATERIAL Y MÉTODOS.....	2
FABRICACIÓN Y COMPOSICIÓN DE LOS PIENSOS EXPERIMENTALES.....	2
MANEJO EXPERIMENTAL DE LOS ANIMALES.....	5
ANÁLISIS QUÍMICO.....	6
ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	6
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	7
CONCLUSIONES.....	10
BIBLIOGRAFÍA.....	11

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ingredientes de la mezcla basal.....	2
Tabla 2. Composición de la mezcla basal.....	3
Tabla 3. L-Arginina (98% arginina) adicionada a la mezcla basal para cada pienso.....	3
Tabla 4. Composición de los piensos experimentales.....	4
Tabla 5. Efecto del pienso y la línea genética sobre el estado sanitario de los animales durante el cebo (28-63 días) (medias mínimos cuadrados).....	7
Tabla 6. Efecto del pienso y la línea genética sobre el rendimiento productivo de los animales durante el cebo (28-63 días) (medias mínimos cuadrados y, entre paréntesis, su error standard).....	8
Tabla 7. Efecto del pienso y la línea genética sobre la digestibilidad de los nutrientes (49-53 días) (medias mínimos cuadrados y, entre paréntesis, su error standard).....	9

INTRODUCCIÓN

La producción de conejo en Europa está localizada principalmente en el Mediterráneo, siendo España, Francia e Italia sus mayores productores y consumidores. En estos países, la mayor parte de la carne de conejo se produce de forma industrial y, según un estudio de Eady & Prayaga (2000), el índice de conversión, la ganancia media diaria post-destete y el consumo medio diario de pienso post-destete son tres de los parámetros que afectan en mayor medida el beneficio de una explotación dedicada a la producción de conejo de carne.

Para conseguir un elevado rendimiento productivo de los animales es necesario que el pienso del que se alimenten contenga todos los nutrientes necesarios: energía, proteína, minerales, vitaminas, etc. Dentro de la nutrición proteica es importante que el pienso contenga una adecuada concentración de todos los aminoácidos esenciales para que los animales se desarrollen correctamente. Por ese motivo, recientemente se revisaron las concentraciones de lisina, aminoácidos azufrados y treonina recomendadas en los piensos (Marín-García, 2019). El trabajo anterior planteaba la hipótesis de que las dietas actuales podían presentar niveles de aminoácidos insuficientes para los conejos con altas velocidades de crecimiento. Se comprobó que la combinación de 5.3, 4.3 y 2.9 g/kg de materia seca para la lisina, aminoácidos azufrados y treonina digestibles a nivel ileal mejoraba los parámetros productivos.

Tras este trabajo de investigación, debería abordarse la actualización de las recomendaciones sobre los niveles de otros aminoácidos en el pienso de conejos de engorde, entre ellos la arginina. Conocer su concentración óptima en el pienso es fundamental para maximizar la ganancia de peso y mejorar el índice de conversión de los gazapos en el cebo. Esta concentración según varios estudios se encuentra entre 0.8% (Adamson & Fisher, 1976) y 1.23% (McWard *et al.*, 1967). El problema de estos valores es la poca cantidad de estudios que abordan este tema y que la mayoría de ellos, como los anteriormente citados, se realizaron hace más de 40 años. Por ello, es importante comprobar si estos valores siguen siendo válidos en las nuevas líneas seleccionadas de conejo y bajo diferentes condiciones ambientales en las explotaciones.

OBJETIVOS

El objetivo del siguiente trabajo es comprobar si la concentración de arginina utilizada actualmente en los piensos para el engorde conejos es la adecuada. Se parte de la hipótesis de que tras la selección genética realizada desde que se establecieron las recomendaciones puede que éstas hayan quedado obsoletas y por tanto los animales de las líneas seleccionadas, en nuestro caso la línea paterna RLP y la materna LP, no sean capaces de alcanzar su potencial genético de crecimiento.

MATERIAL Y MÉTODOS

FABRICACIÓN Y COMPOSICIÓN DE LOS PIENSOS EXPERIMENTALES

Se formularon y fabricaron 5 piensos (P1, P2, P3, P4 y P5) que teóricamente tenían un mismo valor nutricional a excepción de su concentración en arginina. Para su fabricación se elaboró previamente una mezcla basal con los ingredientes que se observan en la Tabla 1 y cuya composición se muestra en la Tabla 2. Su contenido en arginina (6.5 g/kg materia fresca) y el resto de los aminoácidos se calculó a partir del análisis de una micromezcla (5 kg) proporcional de las materias primas (cebada, gluten meal, salvado trigo, heno alfalfa, pulpa remolacha y concentrado fibroso) y de la proporción y riqueza de los aminoácidos industriales añadidos. El resto de la composición teórica de la mezcla basal se calculó a partir de la composición de sus ingredientes según FEDNA (2019). Para obtener los piensos experimentales, a esta mezcla basal se le adicionaron cantidades crecientes de L-Arginina, como se observa en la Tabla 3.

Tabla 1. Ingredientes de la mezcla basal

	%
Cebada	19.5
Gluten meal	9.0
Salvado de trigo	17.4
Heno de alfalfa	35.0
Pulpa de remolacha	11.7
Concentrado fibroso (Arbocel®)	3.0
Aceite de soja	1.0
L-Lisina CIH (78% lisina)	0.541
DL-Metionina (99% metionina)	0.216
L-Treonina (98% treonina)	0.177
L-Triptófano (99% triptófano)	0.100
L-Histidina (99% histidina)	0.107
L-Arginina (98% arginina)	0.036
Carbonato cálcico	0.073
Fosfato bicálcico	1.326
Cloruro sódico	0.404
Corrector de vitaminas y oligoelementos (R-510)	0.500

Tabla 2. Composición de la mezcla basal

	g/kg
Materia seca^a	902
Energía digestible (MJ/kg)^a	10,0
Proteína bruta^a	169
Proteína digestible^a	120
Lisina^b	8.9
Metionina^b	4.3
Cistina^b	2.6
Metionina+Cistina^b	6.9
Treonina^b	6.3
Triptófano^a	2.3
Isoleucina^b	4.5
Valina^b	6.6
Histidina^b	2.7
Arginina^b	6.5
Fibra neutro detergente^a	332
Fibra ácido detergente^a	197
Lignina ácido detergente^a	47
Almidón^a	151
Extracto etéreo^a	27.9
Ca^a	10.8
P^a	6.00
Na^a	2.11
Cl^a	3.00

^a Calculados según FEDNA (2019)

^b Calculados a partir del análisis de una micromezcla (5 kg) proporcional de las materias primas (cebada, gluten meal, salvado trigo, heno alfalfa, pulpa de remolacha, concentrado fibroso y aceite de soja) y de la proporción y riqueza de los aminoácidos industriales añadidos

Tabla 3. L-Arginina (98% arginina) adicionada a la mezcla basal para cada pienso

	P1	P2	P3	P4	P5
Mezcla basal (%)	100.00	99.75	99.50	99.25	99.00
L-Arginina (%)	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00

Tanto la mezcla basal como los 5 piensos utilizados en este trabajo se produjeron en la fábrica de piensos experimentales del Departamento de Ciencia Animal de la UPV, como piensos granulados. Para minimizar las diferencias entre la composición teórica y la real, se limpió el interior de todo el equipamiento utilizado tras la fabricación de cada pienso.

Para conocer la composición real de cada pienso, en el momento del ensacado se tomaron submuestras de aproximadamente 20 g de cada saco de 25 kg con las que se constituyó una muestra representativa del pienso para su posterior análisis. La composición del pienso se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Composición de los piensos experimentales

	g/kg materia seca				
	P1	P2	P3	P4	P5
Materia seca (g/kg)	884	886	885	886	887
Cenizas	76.9	77.4	78.4	73.5	74.7
Proteína bruta	184	188	189	193	199
Lisina	8.4	8.5	8.5	8.5	8.4
Metionina	4.5	4.4	4.2	4.4	4.6
Cistina	2.5	2.7	2.4	2.5	2.4
Metionina+Cistina	7.0	7.2	6.6	6.8	7.0
Treonina	7.2	7.3	7.7	7.7	7.4
Isoleucina	5.5	5.4	5.4	5.6	5.3
Valina	7.6	7.5	7.3	7.8	7.5
Histidina	3.5	3.7	4.0	3.6	3.5
Arginina	6.5	9.6	11.1	13.2	14.9
Ácido aspártico	14.8	13.4	13.8	14.5	12.7
Serina	6.6	6.5	7.7	7.3	6.8
Ácido glutámico	28.8	27.9	28.7	28.3	28.6
Glicina	5.4	5.4	5.5	5.7	5.6
Alanina	9.0	9.0	8.8	9.3	8.9
Prolina	11.7	11.8	11.1	12.2	11.5
Tirosina	3.8	3.8	3.7	4.0	3.9
Leucina	15.5	15.5	15.6	16.0	15.2
Fenilalanina	7.2	7.1	7.3	7.5	7.1
Fibra neutro detergente	384	387	388	387	383
Fibra ácido detergente	210	210	209	211	209
Lignina ácido detergente	31.3	32.0	31.3	31.4	30.4
Almidón	179	174	184	177	176
Extracto etéreo	31.7	30.9	28.0	28.8	28.4

MANEJO EXPERIMENTAL DE LOS ANIMALES

Los procedimientos experimentales siguieron la normativa recogida en el *Real Decreto 53/2013, de 1 de febrero, por el que se establecen las normas básicas aplicables para la protección de los animales utilizados en experimentación y otros fines científicos, incluyendo la docencia*. En consecuencia, tuvieron que ser autorizados por la Dirección General de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Generalitat Valenciana.

Se utilizaron las instalaciones de cebo de la granja experimental de alimentación de la UPV entre el 8 de marzo y el 19 de julio del año 2021. Se emplearon un total de 345 gazapos distribuidos en cuatro tandas de cebo, entre el 8 de marzo y el 12 de abril, entre el 14 de abril y el 16 de mayo, entre el 3 de mayo y el 7 de junio y entre el 14 de junio y el 19 de julio.

Los gazapos eran de dos líneas genéticas: la maternal LP y la paternal RLP. La línea LP fue fundada con el criterio de longevidad productiva y tamaño de camada al destete, con conejas que tenían una carrera reproductiva muy larga y con un alto número de conejos destetados por parto, para ser después seleccionada por tamaño de camada al destete; se caracteriza por su resiliencia o capacidad para superar distintos tipos de adversidades ambientales y, en consecuencia, por presentar menor mortalidad por trastornos digestivos durante cebo que otras líneas maternas o paternas (García-Quirós *et al.*, 2014). La línea RLP se ha creado mediante retrocruzamiento de la línea R, una de las líneas habituales de machos terminales, seleccionada por ganancia de peso durante el cebo, con la LP para obtener una línea más resiliente que la línea R, ya que, entre otros problemas, esta línea es muy sensible a trastornos digestivos. Se utilizaron 69 camadas destetadas a los 28 días de vida. De cada camada se escogieron 5 conejos al azar, con un peso mínimo de 350 g, asignándose uno a cada pienso.

Los gazapos se alojaron en jaulas individuales (unas convencionales y otras de digestibilidad) provistas de comedero tolva y bebedero de cazoleta, para proveerles de pienso y agua *ad libitum* durante todo el experimento. En la primera semana los comederos se revisaron diariamente con objeto de que siempre tuvieran pienso pero sin que estuvieran excesivamente llenos, para evitar las pérdidas de pienso durante el proceso de adaptación del conejo a la jaula. Asimismo, se revisaron los bebederos y en caso de que no hubiera agua en la cazoleta (los que se interpreta como que el gazapo aún no ha aprendido a utilizarlo) se rellenaban accionando el bulón. Diariamente se comprobó la mortalidad y la morbilidad de los gazapos. Se realizaron controles de su peso vivo e ingestión de pienso a los 49 y 63 días de vida.

Durante la primera y segunda tanda de cebo se realizó un ensayo de digestibilidad entre los 49 y 53 días de vida en aquellos animales (64 en total) que se encontraban en las jaulas de digestibilidad, provistas de un prisma de acero inoxidable que permite la colecta total de heces separadas de la orina. Se siguió el método de referencia europeo (Perez *et al.*, 1995), aunque como los animales ya consumían el pienso correspondiente y estaban en su jaula desde el destete no fue necesario el periodo de adaptación. Durante este ensayo de digestibilidad se controló tanto la ingestión de pienso como la excreción de heces. Las heces se recogieron diariamente, siempre a la misma hora, en bolsas de plástico identificadas y se almacenaron a -20 °C en los congeladores de la misma nave de cebo. Tras la última recogida, las heces se secaron en estufa a 80 °C durante 48 horas y se pesaron posteriormente tras retirar y pesar los gránulos de pienso que hubieran caído durante el ensayo, para corregir los valores de ingestión de materia seca. A continuación, se pasó a moler las heces primero en un molino de martillos con una criba de 1,5 mm y posteriormente una parte de las mismas se molió con otro

molino con una criba de 0,5 mm para dejarlas con el tamaño de partícula óptimo para los análisis de laboratorio posteriores.

ANÁLISIS QUÍMICO

Los piensos se analizaron siguiendo los procedimientos de la AOAC (2002) para determinar materia seca (procedimiento número 934.01), cenizas (procedimiento número 942.05), proteína bruta (procedimiento número 990.03) y extracto etéreo (procedimiento número 920.39). El contenido de aminoácidos se determinó tras hidrólisis ácida con HCL 6N a 110 °C durante 23 h, según Bosch *et al.* (2006). La fibra neutro detergente, la fibra ácido detergente y la lignina ácido detergente se determinaron de forma secuencial según Van Soest *et al.* (1991). El almidón se analizó mediante una hidrólisis enzimática en doble etapa, incubando primero con amilasa termoestable y a continuación con amiloglucosidasa (Batey, 1982), valorando la glucosa resultante con el sistema hexoquinasa/glucosa-6-fosfato deshidrogenasa.

Las heces se analizaron para determinar su contenido en materia seca, cenizas y proteína bruta, según los procedimientos anteriormente indicados.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos sobre el estado sanitario de los gazapos durante el cebo (mortalidad, morbilidad e índice de riesgo sanitario, calculado como mortalidad + morbilidad) se analizaron mediante el procedimiento GENMOD del programa estadístico SAS (Statistical Analysis Systems Institute, 2009), según un modelo de regresión logística binaria con el pienso (5 niveles), la línea genética (2 niveles), la tanda de cebo (4 niveles) y sus interacciones dobles como efecto fijos (no pudo introducirse la interacción triple ni la camada anidada a la línea genética y a la tanda de cebo por falta de convergencia del modelo). Finalmente se eliminaron del modelo la tanda de cebo y las interacciones dobles porque sus efectos no resultaron significativos.

Los datos de los parámetros de crecimiento durante el cebo (ingestión de pienso, ganancia de peso e índice de conversión) se analizaron mediante el procedimiento GML del programa estadístico SAS (Statistical Analysis Systems Institute, 2009), según un modelo en el que se consideraron el pienso (5 niveles), la línea genética (2 niveles), la tanda de cebo (4 niveles), sus interacciones dobles y su interacción triple como efecto fijos, así como la camada anidada a línea genética y tanda de cebo, cuyo cuadrado medio se utilizó como término de error para testar el efecto la línea genética, la tanda de cebo y su interacción. Finalmente se eliminaron del modelo todas las interacciones porque sus efectos no fueron significativos.

Los datos de digestibilidad (de materia seca, materia orgánica y proteína bruta) se analizaron mediante el procedimiento GML del programa estadístico SAS (Statistical Analysis Systems Institute, 2009), según un modelo en el que consideraron el pienso (5 niveles), la línea genética (2 niveles), la tanda de cebo (2 niveles), sus interacciones dobles y su interacción triple como efectos fijos. Finalmente se eliminaron del modelo todas las interacciones ya que sus efectos no fueron significativos.

En todos los casos, el umbral para la significación estadística se estableció en $P < 0.05$. Para las comparaciones entre las medias mínimos cuadrados se utilizó el ajuste de Tukey-Kramer.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como puede verse en la Tabla 5, los valores de mortalidad registrados durante el experimento fueron más altos de lo esperado, notablemente superiores a los que cabe considerar normales, por debajo del 10%, si bien actualmente no es fácil mantener la mortalidad por debajo de ese valor sin el empleo de piensos medicados con antibióticos, que no fueron utilizados en el presente estudio. Aunque el experimento no estaba dimensionado para evaluar los efectos del nivel de arginina en el pienso ni de la línea genética sobre el estado sanitario de los gazapos, se realizó el análisis estadístico de los resultados obtenidos, que puso de manifiesto algunas cuestiones interesantes.

Así, el pienso P1 pareció originar menor mortalidad que los restantes, lo que podría estar relacionado con la menor ingestión registrada con este pienso durante las tres primeras semanas de cebo (-26%, Tabla 6). Es bien conocido el hecho de que una restricción alimentaria de esta entidad en las semanas siguientes al destete reduce la incidencia de trastornos digestivos y la mortalidad (Gidenne *et al.*, 2012).

Por otro la mortalidad de la línea RLP fue superior que la mortalidad de la línea LP. Recientemente, se ha demostrado que la línea RLP presenta menor mortalidad durante el cebo que la línea R de la que se obtuvo por retrocruzamiento (Camarena, 2021) con la línea LP. No obstante, los resultados obtenidos en este trabajo muestran que su nivel de resiliencia está claramente por debajo del que tiene la línea LP (García-Quirós *et al.*, 2014).

Tabla 5. Efecto del pienso y la línea genética sobre el estado sanitario de los animales durante el cebo (28-63 días) (medias mínimos cuadrados)

	Pienso					Línea Genética		P-valor	
	P1 (n=61)	P2 (n=77)	P3 (n=68)	P4 (n=71)	P5 (n=68)	LP (n=154)	RLP (n=191)	Pienso	Línea Genética
Mortalidad (%)	12.0 ^a	46.4 ^b	27.1 ^{ab}	39.8 ^b	33.1 ^b	20.6	41.4	<0.001	<0.001
Morbilidad (%)	4.9	2.6	1.5	2.8	4.4	3.0	3.0	0.784	0.984
IRS¹ (%)	16.9 ^a	49.2 ^b	28.8 ^{ab}	42.9 ^b	37.8 ^{ab}	24.3	45.3	<0.001	<0.001

¹ Índice de riesgo sanitario

^{a,b,c} Valores con superíndices diferentes difieren significativamente, P<0.05

La Tabla 6 muestra el efecto del pienso y de la línea genética sobre la ingestión de pienso, la ganancia de peso y el índice de conversión en los periodos considerados durante el cebo (de 28 a 49 días de vida, de 49 a 63 días de vida y en el conjunto del cebo, de 28 a 63 días de vida). Tanto la tanda de cebo como la camada tuvieron un efecto significativo sobre todas las variables, que no se muestra en la Tabla 6 porque carecen de interés al no tener relación con los objetivos del estudio.

El pienso P1 dio lugar a una menor ganancia de peso e ingestión que el resto de los piensos en el periodo de 28 a 49 días de vida (-25% y -26%, respectivamente). Este resultado pone de manifiesto que el contenido en arginina del pienso P1 (6.5 g/kg materia seca, 5.7 g/kg materia fresca) es insuficiente para satisfacer las necesidades de arginina para el crecimiento en el periodo post-destete. Este retraso del crecimiento fue parcialmente compensado en el periodo de 49 a 63 días de vida, durante el cual el pienso P1 originó una mayor ganancia de

peso que el resto de los piensos (+12%) sin cambios relevantes en la ingestión, por el que el índice de conversión mejoró con respecto al del resto de los piensos (-14%). Este crecimiento compensador es habitual tras periodos de restricción alimentaria tanto cuantitativa (cuando el animal no dispone de pienso *ad libitum* sino en cantidad limitada) como cualitativa (cuando el pienso es deficitario en algún nutriente, como sucede en este caso con la arginina). No obstante, la compensación no llegó a completarse, ya que, en el conjunto del cebo, entre los 28 y 63 días de vida, la ganancia de peso y la ingestión fueron menores con el pienso P1 que con el resto de los piensos (-11% y -15%, respectivamente), aunque resultó un mejor índice de conversión (-4.7%). Gidenne *et al.* (2012) señalan que la restricción alimentaria en la primera mitad del cebo seguida de alimentación *ad libitum* no permite alcanzar la misma ganancia de peso que en animales alimentados siempre *ad libitum*, pero da lugar a una reducción del índice de conversión.

Tabla 6. Efecto del pienso y la línea genética sobre el rendimiento productivo de los animales durante el cebo (28-63 días) (medias mínimos cuadrados y, entre paréntesis, su error standard)

	Pienso					Línea Genética		P-valor	
	P1 (n=49)	P2 (n=38)	P3 (n=47)	P4 (n=38)	P5 (n=41)	LP (n=113)	RLP (n=100)	Pienso	Línea Genética
28-49 días									
Ingestión (g MS/día)	68.5 ^a (2.13)	95.5 ^b (2.46)	89.6 ^b (2.22)	92.8 ^b (2.44)	92.4 ^b (2.32)	78.0 (2.06)	97.3 (2.18)	<0.001	<0.001
Ganancia (g/día)	35.9 ^a (1.14)	49.7 ^b (1.31)	46.5 ^b (1.19)	48.3 ^b (1.30)	47.8 ^b (1.23)	39.2 (1.02)	52.0 (1.08)	<0.001	<0.001
IC¹ (g MS/día)	1.93 (0.020)	1.91 (0.023)	1.93 (0.021)	1.93 (0.023)	1.94 (0.022)	1.99 (0.027)	1.86 (0.028)	0.942	0.003
49-63 días									
Ingestión (g MS/día)	130 (2.5)	136 (2.9)	134 (2.6)	136 (2.9)	133 (2.7)	115 (3.0)	153 (3.2)	0.391	<0.001
Ganancia (g/día)	49.0 ^b (0.91)	43.9 ^a (1.04)	43.9 ^a (0.94)	44.1 ^a (1.04)	42.7 ^a (0.99)	37.6 (1.05)	51.7 (1.11)	<0.001	<0.001
IC¹ (g MS/día)	2.68 ^a (0.062)	3.16 ^b (0.072)	3.09 ^b (0.065)	3.09 ^b (0.064)	3.18 ^b (0.067)	3.09 (0.064)	2.99 (0.064)	<0.001	0.434
28-63 días									
Ingestión (g MS/día)	93 ^a (2.0)	112 ^b (2.3)	108 ^b (2.0)	110 ^b (2.2)	109 ^b (2.2)	93 (2.3)	120 (2.4)	<0.001	<0.001
Ganancia (g/día)	41.2 ^a (0.68)	47.4 ^b (0.79)	45.4 ^b (0.71)	46.6 ^b (0.78)	45.7 ^b (0.74)	38.6 (0.80)	51.9 (0.85)	<0.001	<0.001
IC¹ (g MS/día)	2.26 ^a (0.024)	2.36 ^b (0.027)	2.37 ^b (0.025)	2.37 ^b (0.027)	2.39 ^b (0.026)	2.41 (0.029)	2.29 (0.032)	<0.001	0.026

¹ Índice de conversión

^{a,b} Valores con superíndices diferentes difieren significativamente, P<0.05

Dado que no hubo diferencias entre los piensos P2, P3, P4 y P5 en lo que se refiere a la ganancia de peso, ingestión de pienso e índice de conversión en ninguno de los periodos considerados durante el cebo, puede concluirse que las necesidades de arginina para el crecimiento de los gazapos en cebo quedan cubiertas con el contenido en arginina del pienso P2, es decir, 9.6 g/kg MS ó 8.5 g/kg materia fresca, sin que contenidos de arginina superiores den lugar a mejoras del rendimiento productivo, aunque habría que estudiar la hipótesis de que un contenido inferior fuera suficiente en las últimas semanas del cebo. Adamson & Fisher (1976) obtuvieron un valor de 8 g/kg materia fresca mientras McWard *et al.* (1967) indicaron un valor sensiblemente mayor, de 12.3 g/kg materia fresca.

Por otro lado, la línea RLP presentó mayor ingestión y ganancia de peso que la línea LP, así como mejor índice de conversión, en los distintos periodos considerados (aunque la diferencia en el índice de conversión entre los 49 y 63 días de vida no fue significativa). En el conjunto del cebo, los valores registrados en la línea RLP fueron un 29% y un 34% superiores para la ingestión y la ganancia de peso respectivamente, mientras que el índice de conversión fue un 5% menor. Estos resultados confirman lo esperado, dada la distinta especialización productiva de ambas líneas, ya que la línea RLP es una línea paternal originada a partir de la línea R, seleccionada por ganancia de peso entre destete, mientras que la línea LP es una línea maternal seleccionada por tamaño de camada al destete.

Finalmente, la Tabla 7 muestra la digestibilidad de la materia seca, materia orgánica y proteína bruta en función del pienso y la línea genética. La tanda de cebo tuvo efecto significativo, que no se muestra ya que carece de interés en relación con los objetivos del presente estudio. Ni el pienso ni la línea genética afectaron a la digestibilidad de los nutrientes considerados. Se sabe que la digestibilidad de los nutrientes del pienso depende, muy por encima de cualquier otro factor, de la composición del mismo. En este caso, los piensos tenían prácticamente la misma composición, tanto en ingredientes como en nutrientes, salvo por la inclusión creciente de pequeñas cantidades de arginina, por lo que el contenido y el origen de los nutrientes apenas varió. Cabe señalar que la ligera reducción de la digestibilidad de la materia seca y la materia orgánica (no significativa) observada en la línea RLP quizá guarde relación con la mayor ingestión que muestra esta línea, asociada a un menor tiempo de retención en el intestino grueso y que afectaría principalmente a la digestibilidad de las fracciones fibrosas.

Tabla 7. Efecto del pienso y la línea genética sobre la digestibilidad de los nutrientes (49-53 días) (medias mínimos cuadrados y, entre paréntesis, su error standard)

	Pienso					Línea Genética		P-valor	
	P1 (n=14)	P2 (n=10)	P3 (n=16)	P4 (n=10)	P5 (n=9)	LP (n=34)	RLP (n=25)	Pienso	Línea Genética
Materia seca (%)	56.3 (0.38)	55.9 (0.45)	56.7 (0.35)	56.9 (0.45)	56.9 (0.58)	56.8 (0.25)	56.3 (0.29)	0.421	0.148
Materia orgánica (%)	56.7 (0.40)	56.5 (0.47)	57.4 (0.37)	57.8 (0.47)	58.0 (0.50)	57.6 (0.26)	56.9 (0.30)	0.101	0.111
Proteína bruta (%)	72.0 (0.66)	71.7 (0.79)	71.2 (0.61)	73.1 (0.78)	72.2 (0.83)	72.0 (0.43)	72.1 (0.51)	0.483	0.894

¹ Índice de conversión

^{a,b} Valores con superíndices diferentes difieren significativamente, P<0.05

CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos en este estudio, se puede concluir que las necesidades de arginina para el crecimiento de los gazapos quedan cubiertas cuando el contenido en arginina del pienso es de 9.6 g/kg de materia seca (8.5 g/kg de materia fresca), ya que valores superiores no mejoran ninguno de los parámetros productivos.

Por otro lado, la línea paternal RLP mostró mejores rendimientos productivos en cebo (mayor ganancia de peso e ingestión de pienso con menor índice de conversión) que la línea maternal LP, que sin embargo presentó menor mortalidad durante el cebo.

Ni el contenido en arginina del pienso ni la línea genética afectaron a la digestibilidad de la materia seca, la materia orgánica y la proteína bruta.

BIBLIOGRAFÍA

Adamson I., Fisher H. 1976. Further studies on the arginine requirement of the rabbit. *Journal of Nutrition* 106, 717-723.

AOAC. 2002. *Official Method of Analysis*. 16th Edition, Association of Official Analytical, Washington DC, 2002.

Batey, I.L. 2002. Starch analysis using thermostable alpha-amylases. *Starch/Stärke* 34, 125–128.

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

Camarena P. 2021. Impacto de la línea genética paternal sobre la productividad en conejos de cebo. Trabajo Final de Grado, ETSEAMN, Universitat Politècnica de València, 23 pp.

De Blas C., García-Rebollar P., Gorrachategui M., Mateos G.G. 2019. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos (4ª edición). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, 604 pp.

Eady S.J., Prayaga K.C. 2000. Rabbit farming for meat production in Australia: profitability in the industry and economic values for production traits. VII World Rabbit Congress, Valencia, pp 361-367.

García-Quirós A., Arnau-Bonachera A., Penadés M., Cervera C., Martínez-Paredes E., Ródenas L., Selva L., Viana D., Corpa J.M., Pascual J.J. 2014. A robust rabbit line increases leucocyte counts at weaning and reduces mortality by digestive disorder during fattening. *Veterinary Immunology and Immunopathology* 161 (3–4), 123-131.

Gidenne T., Combes S., Fortun-Lamothe L. 2012. Feed intake limitation strategies for the growing rabbit: effect on feeding behaviour, welfare, performance, digestive physiology and health: a review. *Animal* 6, 1407–1419.

Marín-García P. 2019. Lysine, sulfur amino acids and threonine requirements of growing rabbits from a line selected by growth rate. PhD Thesis. Universitat Politècnica de València, 120 pp.

McWard G. W., Nicholson L. B., Poulton B. R. 1967. Arginine requirement of the young rabbit. *Journal of Nutrition* 92, 118–120.

Perez J.M., Lebas F., Gidenne T., Maertens L., Xiccato G., Parigi-Bini R., Dalla Zotte A., Cossu M.E., Carazzolo A., Villamide M.J., Carabaño R., Fraga M.J., Ramos M.A., Cervera C., Blas E., Fernández-Carmona J., Falcao e Cunha L., Bengala-Freire J. 1995. European reference method for in vivo determination of diet digestibility in rabbits. *World Rabbit Science* 3, 41-43.

Real Decreto 53/2013, de 1 de febrero, por el que se establecen las normas básicas aplicables para la protección de los animales utilizados en experimentación y otros fines científicos, incluyendo la docencia. Boletín Oficial del Estado BOE-A-2013-1337.

Statistical Analysis Systems Institute. 2009. Sas/stat[®] 9.2 User's guide. SAS Inst. Inc., Cary NC, USA.

Van Soest P.J., Robertson J.R., Lewis B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal Dairy Science* 74, 3583-3597.