



Universidad Nacional de La Plata
Facultad de Ciencias Veterinarias



Trabajo de Tesis realizado como requisito para optar al título de
DOCTOR EN CIENCIAS VETERINARIAS

Nutrición proteica de conejos en engorde.

Indicadores productivos y parámetros de calidad de res y carne.

Autor: Ing. Agr. **TRIGO**, María Soledad

Directora: Dra. **COSSU**, María Elena

Co-Directora: Dra. **ANTONINI**, Alicia Graciela

Lugar de trabajo: Instituto de Genética Veterinaria, Facultad de Ciencias Veterinarias (CONICET-UNLP) y Curso de Introducción a la Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP)

Miembros del jurado:

Dra. María Inés **OYARZABAL**

Dr. Fabio **TACCHINI**

Dr. Sebastián **PICCO**

Año 2020

“Ven Espíritu Santo.

Hoy quiero entregarte mi futuro, hasta el último día de mi vida.

Sana mi ansiedad, para que acepte que cada cosa llegue a su tiempo y en su momento.

Y sana mis miedos, para que pueda confiar en tu auxilio y me deje guiar siempre.

Tu que sabes lo que más me conviene, oríentame y condíceme cada día.

Ven Espíritu Santo y toma mi futuro.

Amen

Agradecimientos

Durante la elaboración de esta Tesis Doctoral he recibido el apoyo y la colaboración de muchas personas e instituciones, que de una u otra manera han contribuido a la realización del presente trabajo de investigación y a las cuales quiero expresar mi más sincero agradecimiento.

A mi Directora María Elena Cossú, que me guió con esmero y paciencia y me enseñó lo que era un Trabajo de Tesis Doctoral; y quien más allá de la distancia que tuvimos estos últimos años, siguió acompañándome y guiándome en todo momento. A mi Codirectora, Alicia Antonini, quien me ha formado como Docente-Investigadora no sólo en este trabajo de Tesis, sino desde los comienzos de mi carrera en la Facultad de Agronomía. A ellas, gracias!... por su entera disposición y enorme confianza.

A Raúl Lacchini, mi gran Profesor, quien me incentivó para iniciar mi carrera de Doctorado, me ayudó y guió en la realización de los ensayos y puso a mi disposición la Unidad experimental del Curso de Introducción a la Producción Animal para poder llevarlos a cabo.

A todos los integrantes y amigos del Curso de Introducción a la Producción Animal de la Facultad de Agronomía por su participación y colaboración en esta Tesis y por hacer posible y agradable el trabajo en equipo.

A todos los que colaboraron en la realización de los ensayos, Docentes, Técnicos y Alumnos de las carreras de Agronomía y Veterinaria.

A la Empresa de alimentos balanceados GEPSA Grupo Pilar S.A. que financió y elaboró las dietas experimentales utilizadas en este trabajo.

A todos los integrantes del Laboratorio de Carnes de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, del Laboratorio de Bioquímica y Fitoquímica de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata y del Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de La Plata, que gentilmente, prestaron sus instalaciones, equipamiento y tiempo para llevar a cabo todos los análisis de este trabajo.

A la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica y a la Universidad Nacional de La Plata por otorgarme las becas que permitieron que me dedique de manera exclusiva a mis estudios de doctorado.

A la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de La Plata que me permitió acceder a la carrera Doctoral y me brindó los medios necesarios para mi formación.

Al Instituto de Genética Veterinaria “Ing. Fernando Noel Dulout” (IGEVET) por brindarme su espacio y recursos durante los años que estuve como becaria.

Al jurado por su dedicación y tiempo prestado para la corrección de este Trabajo de Tesis.

A mis amigas y compañeras de carrera en Agronomía y Veterinaria, Ana y Caro, por su apoyo diario y por estimular siempre el compañerismo y el buen ánimo.

A papá y mamá, gracias! Porque formaron nuestra familia, con los valores que hoy respeto y mantengo y han hecho de mi la persona que soy... y a mi hermana, cuñado, sobrinos y gran familia política, que me apoyan y alientan en el día a día de todos mis proyectos.

A José, por su amor infinito y apoyo incondicional de todos los días. Por acompañarme y alentarme en este momento de mi carrera y por sobre todas las cosas, por haberme regalado lo más importante de mi vida: nuestros HIJOS.

A mis hijos, Pilar y José. Esas dos personitas tan pequeñas que le dan todo el sentido a mi vida.

A Dios, quien guía mi destino y me ha conducido siempre por el camino de la Fe, ayudándome en todos los momentos difíciles que me han tocado vivir.

Y a todas las personas que de alguna forma u otra estuvieron siempre presentes y escapan de mi memoria en este momento. A todos... Gracias!!!

*Citas bibliográficas correspondientes a las publicaciones
parciales del trabajo de tesis*

Trigo MS, Borrás MM, Cordiviola CA, Lacchini RA, Antonini AG. Incidencia del agregado de granza de trigo y avena en dos formulaciones comerciales sobre la edad a la faena y la mortalidad de conejos para carne. Presentado en las Jornadas de divulgación técnico científico 2010. Organizadas por la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de Rosario. Casilda, 6 de agosto de 2010. Publicado en la Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias UNR editora. ISSN 1667-9326.

Borrás MM, Trigo MS, Cordiviola CA, Lacchini RA, Antonini AG. Excreción de Nitrógeno y Fósforo durante el engorde de conejos. Presentado en las Jornadas de divulgación técnico científico 2010. Organizadas por la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de Rosario. Casilda, 6 de agosto de 2010. Publicado en la Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias UNR editora. ISSN 1667-9326.

Borrás MM, Trigo MS, Cordiviola CA, Lacchini RA, Antonini AG. Effects of hull inclusion in diets on the mortality and nitrogen and phosphorus excretion in fattening rabbits. Presentado en el IV Congreso de Cunicultura de las Américas. 22 al 24 de septiembre de 2010. Córdoba, Argentina. Publicado en Acta del congreso.

Borrás MM, Trigo MS, Cordiviola CA, Lacchini RA, Antonini AG. Evaluación del fósforo excretado en heces de conejos en engorde. 33 Congreso Argentino de Producción Animal. Viedma-Patagones, 13 al 15 de Octubre de 2010, y publicado en la

Revista Argentina de Producción Animal, Vol 30, 2010, Supl. 1. ISSN 0326-0550.
Pp: 117-118.

Trigo MS, Borrás MM, Antonini AG, Cossú ME. Harina de pluma en dietas para conejos: efecto sobre la calidad de res y carne. Presentado en el 34° Congreso Argentino de Producción Animal y 1st Joint Meeting ASAS-AAPA, del 4 al 7 de octubre de 2011 en la ciudad de Mar del Plata. Vol 31, pg 57. ISSN 0326-0550.

Borrás MM, Trigo MS, Cordiviola CA, Cossú ME, Pretti R, Antonini AG. Harina de pluma. Efecto sobre indicadores bioquímicos del metabolismo proteico en conejos. Presentado en el 34° Congreso Argentino de Producción Animal y 1st Joint Meeting ASAS-AAPA, del 4 al 7 de octubre de 2011 en la ciudad de Mar del Plata. Vol 31, pg 281. ISSN 0326-0550.

Trigo MS, Borrás MM, Muro MG, Antonini AG, Cossú ME. Evaluation of Feather meal in the diet of growing rabbits. World Rabbit Science Association. Proceedings 10 th World Rabbit Congress – September 3 - 6, 2012– Sharm El- Sheikh –Egypt, 777-780.

Trigo MS, Muro MG, Arias RO, Cattáneo AC, Borrás MM, Antonini AG. Carne de conejo: una alternativa saludable para incorporar a nuestra dieta. Presentado en las XIV Jornadas de Divulgación Técnico Científicas 2013. Jornada Latinoamericana organizada por la Facultad de Ciencias Veterinarias, UNR. Casilda, 27 de agosto de 2013. Publicado en la Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias UNR editora. ISSN 1667-9326.

Trigo MS, Borrás MM, Cordiviola CA, Arias RO, Lacchini RA, Antonini AG. Effects of hull inclusion in diets for rabbits. International Journal of Sciences. Vol. 3 – February 2014

- Trigo MS, Muro MG, Arias RO, Cordiviola CA, Borrás MM, Cattáneo AC, Antonini AG. La carne de conejo como una alternativa saludable. *Revista Veterinaria Argentina*. Vol. XXXI - Nº 319. Noviembre 2014. Pg 1-8.
- Trigo MS, Cordiviola CA, Muro MG, Borrás MM, Cossú ME, Antonini AG. Influencia de la suplementación con proteasas en la dieta de conejos para carne. XVI Jornadas de Divulgación Técnico-Científicas 2015 – III Jornada Latinoamericana. Organizadas por la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de Rosario. Casilda, 16 de septiembre de 2015. Publicado en la Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias UNR editora. ISSN 1667-9326.
- Cattáneo AC, Trigo MS, Antonini AG. Detección de Polimorfismos de Nucleótido Simple en el gen de Hormona de Crecimiento en Conejos. Estudios de Asociación con Caracteres Productivos. XVI Congreso latinoamericano de Genética. 9 al 12 de Octubre de 2016.
- Cattaneo AC, Trigo MS, Perez LO, Cordiviola CA, Antonini AG. Detection of three allelic variants in the Rabbit growth hormone gene. *International Journal of Sciences*. 2017; vol.6 n°3. Pp.48-50. ISSN 2305-3925.
- Trigo MS, Muro MG, Cordiviola CA, Arias RO, Boyezuk DA, Antonini AG. Adición de proteasas en dietas restringidas en proteína en el engorde de conejos para carne. Presentado en las XIX Jornadas de Divulgación Técnico-Científicas, VI Jornada Latinoamericana, IV Jornadas de Ciencia y Tecnología, III Reunión Transdisciplinaria en Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Rosario. Zavalla y Casilda, 16 y 17 de agosto de 2018.
- Trigo MS, Muro MG, Arias RO, Cattáneo AC, Cossú ME, Antonini AG. Evaluation of Feather Meal in the Diet of Growing Rabbits. *International Journal of Sciences*. Vol. 7 – December 2018 (12).

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I.....	17
Introducción general	17
1. Origen de la cunicultura	17
2. Producción mundial.....	19
3. Evolución de la cunicultura en Argentina.....	21
4. Producción nacional actual	23
5. Comercialización, mercados	25
6. Comercio Exterior	27
7. Consumo	28
8. Sistemas de producción y Manejo.....	30
8.1. Sistema intensivo:	31
8.2. Sistema semiintensivo:	32
8.3. Sistema extensivo:	32
8.4. Manejo productivo en bandas:.....	32
9. Producción de carne de conejo.....	33
10. Fisiología digestiva.....	35
10.1. Tránsito digestivo y cecotrofia.....	37
11. Digestión de la proteína	41
12. Requerimientos energéticos y nutricionales en el engorde.....	46
12.1. Energía	47
12.2. Fibra.....	49
12.3. Minerales y vitaminas.....	50
12.4. Proteína	51
13. Importancia de la proteína en la dieta de conejos para carne.....	53
14. Calidad de la carne de conejo.....	56
15. Efecto de la proteína dietética en la calidad de la carne.....	58
CAPÍTULO II.....	60
Hipótesis y Objetivos	60

Objetivo general.....	60
Objetivos específicos:	60
Hipótesis	61
CAPÍTULO III.....	62
Materiales y métodos.....	62
1. Sistema de Producción: Animales e Instalaciones	62
2. Protocolo de evaluación de Digestibilidad	66
3. Variables productivas.....	67
4. Determinaciones a faena	67
5. Características cualitativas de la carne	71
6. Determinaciones analíticas	71
CAPÍTULO IV	73
Efecto de la fuente y nivel proteico en dietas de engorde para conejos	73
IV-I: Harina de pluma hidrolizada	74
Introducción	74
Materiales y métodos.....	82
Resultados.....	84
IV-II: Harina de pescado	100
Introducción	100
Materiales y métodos.....	109
Resultados.....	111
CAPÍTULO V	124
Uso de proteasas en dietas con bajo nivel proteico	124
Introducción	125
Materiales y métodos.....	132
Resultados.....	134
Efecto del Nivel proteico	134
Efecto de la fuente proteica en las dietas restringidas en proteínas con agregado de proteasas.....	149
CAPÍTULO VI	160
Discusión y conclusiones	160
Bibliografía.....	174

Abreviaturas y símbolos

ADPV: aumento diario de peso vivo

CC: carcasa caliente

CDMS: consumo diario de materia seca

CF: carcasa fría

CMST: consumo de materia seca total

CR: carcasa de referencia

CTAF: consumo total de alimento fresco

D1: dieta uno

D2: dieta dos

D3: dieta tres

D4: dieta cuatro

DFDA: digestibilidad de la fibra detergente ácido

DFDN: digestibilidad de la fibra detergente neutro

DMST: digestibilidad de la materia seca total

DPB: digestibilidad de la proteína bruta

ED: energía digestible

F: fuente

FB: fibra bruta

FDA: fibra detergente ácido

FDN: fibra detergente neutro

GD: ganancia diaria de peso

GI: grasa interescapular

GV: grasa visceral

HC: harina de carne

HPe: harina de pescado

HPI: harina de pluma hidrolizada

HS: harina de soja

ICA: índice de conversión alimenticia

N: nivel

P: proteasas

PB: proteína bruta

PPC: pérdidas por cocción

PPO: pérdidas por oreo

PPR: pérdidas por refrigeración

TBA: ácido tiobarbitúrico

Nutrición proteica de conejos en engorde.

Indicadores productivos y parámetros de calidad de res y carne.

Palabras clave: Conejos, proteína dietaria, productividad, calidad de carne

Resumen

En el presente trabajo experimental se evaluó el nivel y fuente de proteína, así como el efecto de la adición de proteasas sobre su digestibilidad, en dietas de conejos en engorde, sobre la performance de crecimiento y la calidad de res y carne. Trescientos ochenta y cuatro conejos (Nueva Zelanda x California) fueron distribuidos completamente al azar y alojados en jaulas individuales desde el destete (28d) a la faena (2,200-2,400kg), alimentados *ad libitum* con diferentes dietas según la experiencia. Se probaron dos niveles proteicos (control: 17% y bajo nivel: 14%), dos fuentes alternativas (harina de pluma hidrolizada y harina de pescado) y la adición de proteasas a dietas con 14%PB. Se registró el peso semanal y el consumo diario. Sobre 10 animales/tratamiento se evaluó la digestibilidad, utilizando jaulas con recolector de heces. A faena, se determinaron las taras, el rendimiento y se realizaron evaluaciones cualitativas y analíticas de la calidad de res y carne. Las dietas con 14%PB mostraron similares niveles de producción, rendimiento y calidad de res y carne respecto al control; la adición de proteasas a las dietas de baja proteína disminuyeron la mortalidad en postdestete. Tanto la harina de plumas como la harina de pescado resultaron adecuadas para su inclusión en dietas de conejos, con resultados productivos y cualitativos similares a los obtenidos con harina de carne. En general, el uso de estas fuentes proteicas alternativas permite opciones diferenciales en la formulación de dietas sin variaciones de importancia en sus parámetros productivos y

cualitativos, generando mayor disponibilidad de alimentos que no compitan con los utilizados para la alimentación humana. El menor nivel proteico permitiría disminuir el costo del balanceado sin afectar la productividad, reduciendo los niveles de contaminación ambiental por menos excreción de nitrógeno. La adición de proteasas incrementaría la supervivencia postdestete.

Protein nutrition of fattening rabbits. Production and meat quality indexes.

Key words: rabbit, dietary protein, performance, meat quality.

Abstract

This experimental study evaluates protein feed source and level, and the effect of protease addition on digestibility, growth performance and carcass and meat quality, in rabbits for fattening diets. Three hundred and eighty-four rabbits (New Zealand x California) were distributed randomly and kept in individual cages, from weaning (28 days) to slaughter (2.200 - 2.400 kg), and fed *ad libitum* with the corresponding diets according to the experiment. Two protein levels (control: 17 % and low level: 14 %), two alternative feeds (hydrolyzed feather meal and fishmeal), and protease addition to 14 % CP diets were tested. Weekly body weight and daily consumption were registered. We evaluated the digestibility on 10 animals per treatment by means of waste collecting cages. After slaughter, weight and yield were determined, and qualitative and analytical assessments were performed on carcass and meat quality. Diets with 14 % CP showed similar levels of beef production, yield and quality, in comparison to the control parameters; the addition of protease to low protein diets lowered post-weaning mortality. Both hydrolyzed feather meal and fishmeal were appropriate for their incorporation in rabbit diets, showing similar productive and qualitative results to the ones obtained with meat meal. In general, the use of these alternative protein feeds provides differential options in the designing of diets without importance variations in their productive and qualitative parameters, providing a higher feeding availability of the kind of food which does not compete with the one employed for human consumption. The lowest

protein level will allow for a lowering of the balanced feeding cost, and will, at the same time, contribute in decreasing the environmental pollution levels due to the lesser nitrogen excretion. Protease addition will increase post-weaning survival.

CAPÍTULO I

Introducción general

1. Origen de la cunicultura

El conejo, dentro de la escala zoológica, pertenece a la clase de los mamíferos, familia lepóridos y género *Oryctolagus*, siendo la especie doméstica "*Oryctolagus cuniculus*", la cual descende del conejo salvaje "*Lepus cuniculus*". El género *Oryctolagus* hace referencia a su aptitud para cavar (*oriktes* = escavador; *lagos* = liebre) mientras que la especie "*cuniculus*" hace referencia a su aptitud para construir galerías o 'conejeras'.

Las primeras referencias históricas de la relación entre el hombre y el conejo datan del segundo milenio A. C., periodo de la civilización fenicia (Stanford, 1992).

Los antiguos fenicios "descubrieron" hacia el año 1000 a.C. un animal muy similar al actual conejo y lo utilizaron en sus viajes a lo largo de las costas de Nord-África y de la Península Ibérica. Llamaron a las tierras pobladas por estos animales con el nombre "I-SHEPAN-IM" (tierra de conejos) sucesivamente latinizado a ISFANIA e HISPANIA (España) (Fox, 1979). España, ya desde la época romana, mostró una gran vocación y tradición "cunícola"; hay testimonio de monedas hechas acuñar por el emperador Adriano que tenían al conejo como símbolo de ese país. De hecho, fueron los romanos los que diseminaron el conejo por el imperio como animal destinado a la caza, pero también, puede considerarse que fue en época romana que se inició la domesticación del conejo (*cuniculus*), que a diferencia de la liebre (*lepus*), podía criarse en cautiverio y en jaula. Este tipo de cría, tuvo su inicio en los

monasterios durante el siglo XVI y fue desde ese momento en que se comenzó con la diferenciación de razas y cepas especializadas en la producción de carne, pelo y piel.

Los animales no estaban todavía domesticados, pero se recomendaba guardar los conejos en 'leporarios', parques cercados para albergar liebres y otras especies salvajes destinadas a la captura; estos 'leporarios' constituyen el origen de los cotos que se desarrollaron después en la Edad Media (Lebas y col. 1996). A partir del siglo XVI, se conocen varias razas de conejos, primer signo de cría controlada y por consiguiente, podría pensarse que la domesticación del conejo se remonta a finales de la Edad Media. Su perfeccionamiento se debe esencialmente al trabajo de los monjes con el fin de permitirles satisfacer su apetito de manjares delicados, cosa difícil partiendo de animales demasiado salvajes. En el siglo XVI, la cría parece difundirse en Francia, Italia, Flandes e Inglaterra.

Según Lebas y col. (1996), Olivier de Serres (1606) distingue tres tipos de conejos: el conejo de campo, el conejo «de coto» (criado en cercados con muros o zanjas) y el conejo de conejera. A principios del siglo XIX, después de la abolición del privilegio señorial y de los cotos respecto a la tenencia de conejos, la cría del conejo en conejeras se desarrolla en toda Europa occidental en zonas rurales, pero también entre los obreros de los barrios periféricos. En esta misma época, los europeos generalizan la cría del conejo en el mundo entero, e incluso en países que no lo conocían aún, como Australia y Nueva Zelandia. De hecho, en los últimos 150 años el conejo se difundió prácticamente en todo el mundo, demostrando una adaptabilidad extraordinaria, que lo transforma en un animal muy interesante desde el punto de vista zootécnico. Durante y luego de la primera y segunda guerra mundial y del periodo de la revolución comunista en Rusia, el conejo se destacó como un interesante animal de carne para criar en periodos críticos. En los últimos 30 años la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), a través de estudios, publicaciones y soporte financieros, ha intentado favorecer el desarrollo de la producción de carne de conejo ecológica, sustentable y autogestionada en países en vías de desarrollo (Branckaert y col., 1996).

La potencialidad de aumento de esta producción se basa en:

- 1)- La indiscutible calidad nutricional, dietética e higiénica de esta carne.
- 2)- La NO competitividad entre la alimentación humana y la del conejo que en estas circunstancias puede ser criado a base de hierbas, hojas o forraje.
- 3)- La eficiencia alimentaria del conejo para transformar forraje en carne sin necesidad de gran inversión inicial y con elevada rapidez, consecuencia del breve intervalo entre generaciones.
- 4)- La gran flexibilidad, adaptabilidad y prolificidad de este animal en las más variadas condiciones ambientales y la fácil conservación de su carcasa dado el reducido tamaño de la misma.
- 5)- La posibilidad de ser criado bajo una estructura familiar en una producción de tipo rural orientada al autoconsumo.

Sin embargo, dadas las características de esta especie, la cunicultura ha pasado, en pocos años, de la explotación familiar a la explotación industrial.

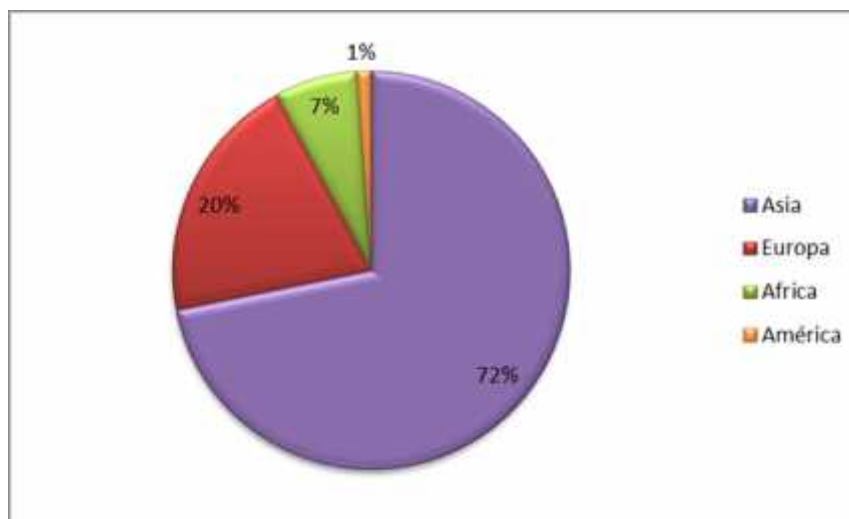
2. Producción mundial

La cría de conejos es una actividad ganadera, y por su volumen de producción (1.428.085 de toneladas de carne producidas en el año 2016) es la octava especie ganadera mundial, después de cerdos, aves, bovinos, ovinos, pavos, caprinos y patos (variable en función de los años considerados), (FAO, 2018).

La producción mundial de carne de conejo en el año 2016 fue de 1.428 miles de Tn, producidas principalmente en Asia (72%), Europa (20%), África (7%) y América (1%) (Figura 1). Considerando los países en forma individual, China es el principal productor con 849.150 Tn, seguido de Corea (172.680 Tn) e Italia (54.347 Tn). En cuarto lugar se encuentra España (50.552 Tn), seguido por Francia (48.396 Tn), Rep. Checa (39.692 Tn) y Alemania (35.971 Tn) (FAO 2018).

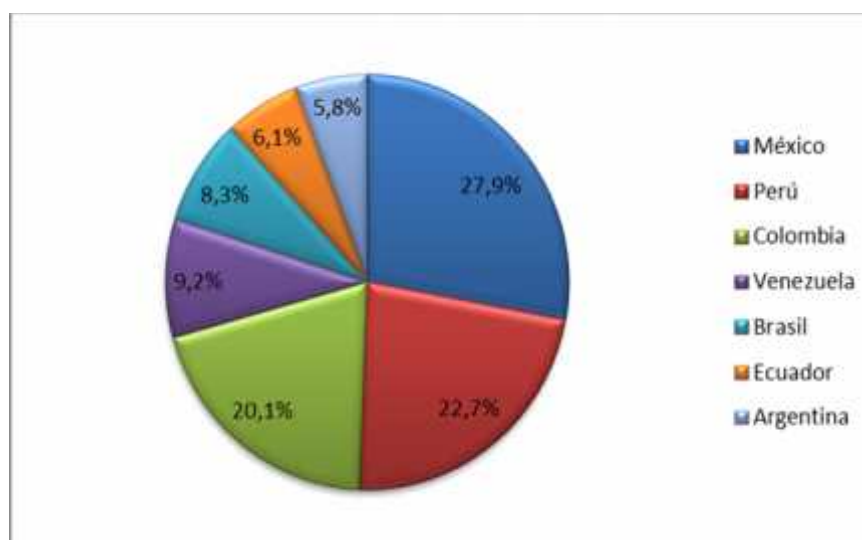
En nuestra región, los principales países productores en el año 2016 fueron México, seguido por Perú y Colombia. Entre los tres países produjeron el 70% de la carne de conejo. Argentina se ubicó en el séptimo lugar con un 5,8% de la producción (Figura 2) (FAO, 2018)

Figura 1: Producción mundial de carne de conejo, año 2016



Fuente: Indicadores de Cunicultura, Dirección de Porcinos, Aves de Granja y No Tradicionales, Ministerio de Agroindustria, Presidencia de la Nación, año 2018. En base a FAO, 2018.

Figura 2: Principales países productores de la Región, año 2016



Fuente: Fuente: Indicadores de Cunicultura, Dirección de Porcinos, Aves de Granja y No Tradicionales, Ministerio de Agroindustria, Presidencia de la Nación, año 2018. En base a FAO, 2018.

En cuanto al comercio internacional, los principales países exportadores en el año 2013 fueron China (9.750 Tn), España (5.624 Tn), Bélgica (5.559 Tn), Francia (5.272 Tn), Hungría (4.881 Tn), Argentina (1.583 Tn) y Alemania (333 Tn). Y los principales importadores, Alemania (5.427 Tn), Bélgica (4.825 Tn), Federación Rusa (3.305 Tn), Portugal (3.103 Tn), Italia (2.619 Tn), Francia (2.323 Tn) y República Checa (1.234 Tn) (FAO, 2017).

3. Evolución de la cunicultura en Argentina

La cunicultura tiene una historia tan lejana como las corrientes inmigratorias llegadas al país. Esta fue utilizada inicialmente como complemento en la canasta de alimentos que las familias rurales producían.

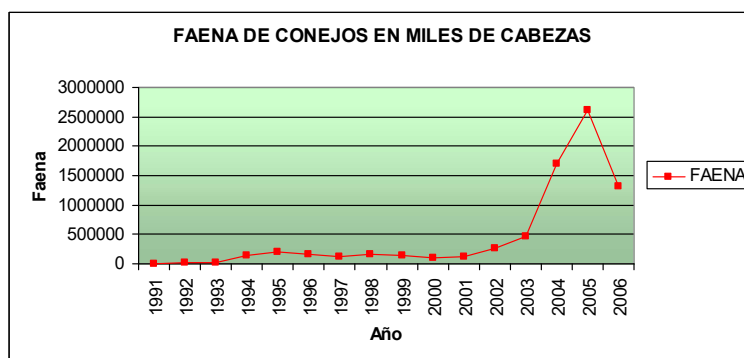
A medida que el consumo mundial de carne de conejo fue aumentando, la actividad se fue convirtiendo en sistemas de producción más intensivos o industriales, pasando de producciones de autoconsumo a explotaciones comerciales. Este crecimiento de la producción se observó con relevancia desde principios de la década de los '90 y muy marcadamente a partir del 2002 (Figura 3).

Durante los años 1991 a 2001, se trabajó principalmente con el mercado local, faenando con certificaciones de SENASA aproximadamente 150.000 conejos por año.

A partir de 2002 la faena de animales comenzó un periodo de incremento, hasta llegar al pico máximo de 2.618.725 animales faenados en el 2005, a partir de la modificación del sistema cambiario en 2002 y el alejamiento de China del mercado internacional. De hecho, el mercado de carne de conejo en Argentina cobró gran importancia en el momento en que China cesó su actividad comercial con el mercado europeo por cuestiones sanitarias dejando una elevada demanda de carne insatisfecha. Esta situación presentó importantes oportunidades para la producción argentina ya que nuestro país cuenta con calidad e inocuidad adecuada y valorada mundialmente (MAGyP, 2013); en este contexto, los años 2004 y 2005 fueron excepcionales para la producción de carne de conejo en la Argentina, que se destinó mayoritariamente al mercado europeo, sin lograr cubrir la demanda, a pesar

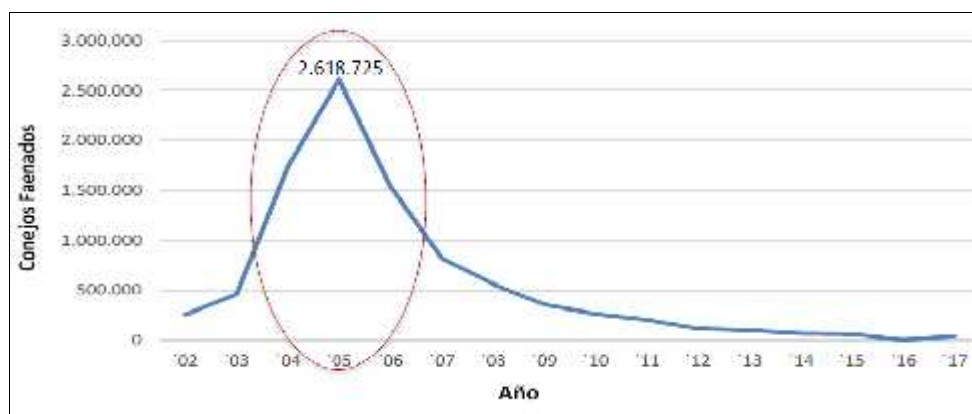
del continuo incremento productivo. Este incremento en la producción y exportación, pudo ser canalizado porque existía una estructura de frigoríficos para faena de liebre aprobada por la Comunidad Europea. Sin embargo, cuando China recuperó su estatus sanitario exportando carne de conejo a bajo precio a Europa, Argentina sufrió una caída en la demanda y por lo tanto en la exportación. Asimismo, la reducción del precio internacional de la carne de conejo como consecuencia de la presencia de China en el mercado, y el aumento constante en el precio del alimento balanceado, hizo disminuir la rentabilidad de las granjas en Argentina. Frente a esta situación, muchos cunicultores se vieron obligados a cerrar las puertas de sus establecimientos. Esta caída brusca en la producción luego del pico máximo de faena de conejos logrado en el año 2005, se puede observar en el Figura 3. A partir de ese momento, la faena continuó en descenso hasta la actualidad (Figura 4)

Figura 3: Faena de conejos en Argentina – periodo 1991-2006



Fuente: SAGPyA- Dirección de Ganadería, Área Cunicultura. Sobre base de datos SENASA

Figura 4: Faena de conejos en Argentina – periodo 2002-2017



Fuente: Dirección de Porcinos, Aves de granja y No tradicionales en base a datos de SENASA

4. Producción nacional actual

Considerando los dos últimos años, 2017/2018, (Tabla 1), se puede observar una sostenida disminución de la faena de conejos desde el mes de abril de 2018 y al compararla con el mismo periodo del año anterior, arroja una variación negativa total del 0,10%.

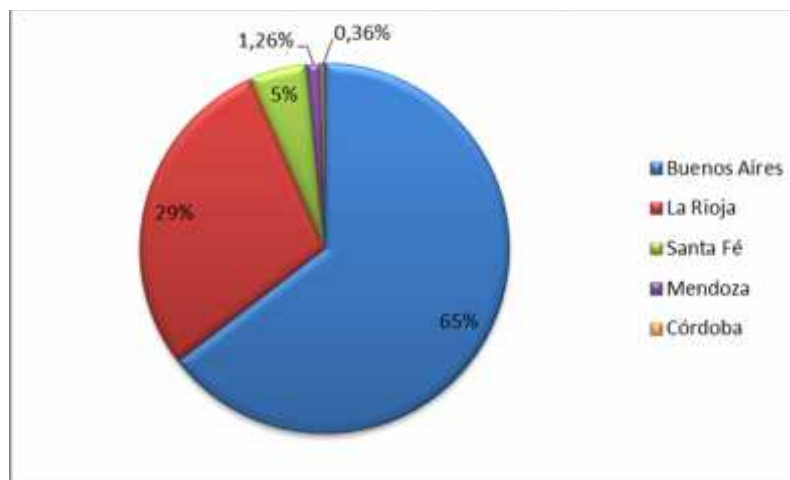
Tabla 1. Faena Total de Conejos durante el periodo 2017-2018, en cabezas

MES	2017	2018	VAR. 18/17%	VAR. MES ANT.
E	2.272	3.227	29,59%	-20,42%
F	2.691	2.537	-6,07%	-21,38%
M	1.934	3.690	47,59%	45,45%
A	3.456	2.794	-23,69%	-24,28%
M	3.823	2.952	-29,51%	5,65%
J	2.915	2.655	-9,79%	-10,06%
J	3.440	2.835	-21,34%	6,78%
A	4.568	2.590	-76,37%	-8,64%
S	2.750	2.566	-7,17%	-0,93%
O	3.035	2.819	-7,66%	9,86%
N	3.053	2.763	-10,50%	-1,99%
D	3.886	2.831	-37,27%	2,46%
TOTAL	37.823	34.259	-0,10	-

Fuente: Dirección de Porcinos, Aves de Granja y No Tradicionales en base a datos de la Dirección de Control de Gestión y Programas Especiales SENASA, Base de Movimientos, y área Estadísticas de SENASA. Información provisoria sujeta a modificaciones.

En la Figura 5 se puede observar la distribución porcentual de la faena de conejos en el año 2018 por provincia.

Figura 5: Distribución de la faena total de conejos 2018 por provincia

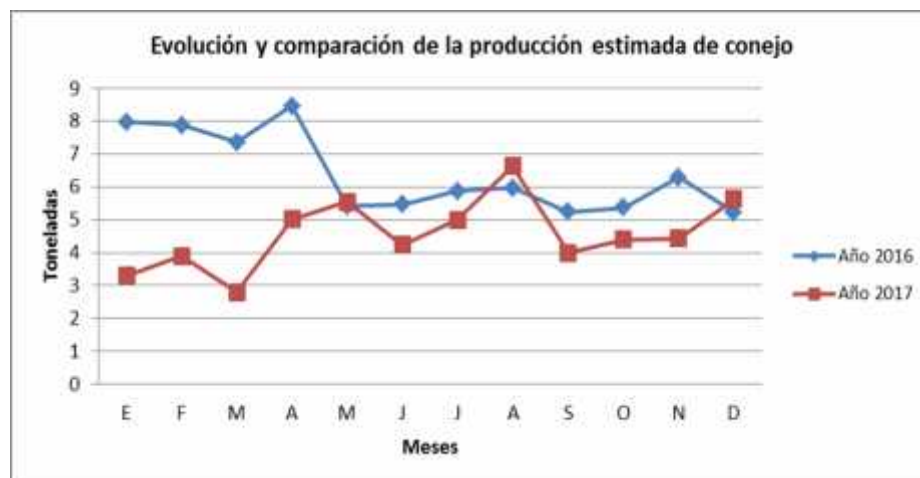


Fuente: Dirección de Porcinos, Aves de Granja y No Tradicionales en base a datos de la Dirección de Control de Gestión y Programas Especiales SENASA, Base de Movimientos y área Estadísticas de SENASA. Información provisoria sujeta a modificaciones

De los 23 los establecimientos habilitados para tránsito federal para la faena de conejos, 14 estuvieron suspendidos en los últimos 8 años y sólo 5 se mantienen activos. Los mismos se encuentran ubicados en las provincias de La Rioja, Buenos Aires, Mendoza y Córdoba. En el caso de Santa Fe, la faena está habilitada sin tránsito federal (solo para tránsito interno). La provincia de Salta también tiene activa la faena interna de conejos a través de un acuerdo entre la Sociedad de cunicultores y el INTA aunque, no se cuenta con datos oficiales sobre la misma.

En la Figura 6 se muestra la producción de conejo mes a mes expresada en toneladas para los años 2016-2017. Se puede observar una caída importante especialmente para los meses de enero a abril.

Figura 6: Producción mensual estimada de conejos para el periodo 2016-2017, en Tn.



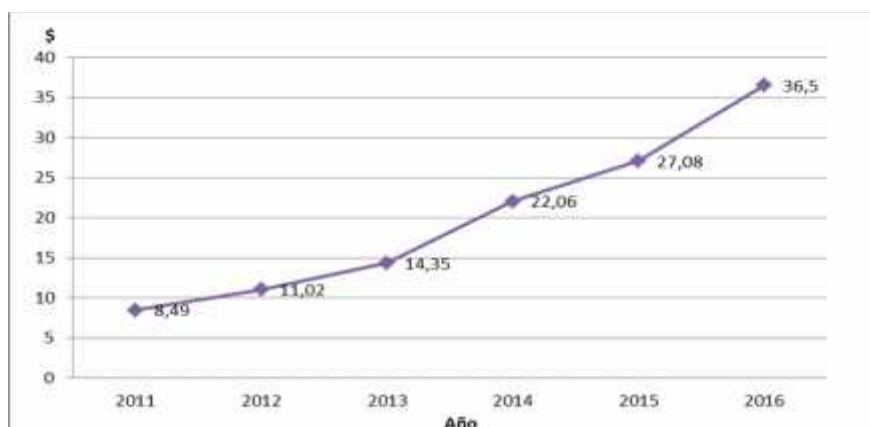
Fuente: Área Cunicultura, Minagro en base a datos de la Dirección de Control de Gestión y Programas Especiales SENASA, Base de Movimientos y área Estadísticas de SENASA. Información provisoria sujeta a modificaciones.

5. Comercialización, mercados

Hoy en día se puede hablar de pocas granjas, pequeñas y/o medianas, la mayoría agrupadas en asociaciones y/o cooperativas (para lograr mayor poder de mercado) y en muchos casos integradas verticalmente para lograr ofrecer un producto que llegue de forma más accesible al mercado doméstico y al canal HORECA (Hoteles, Restaurantes y Catering) ofreciendo productos trozados, envasados al vacío, elaborados como hamburguesas, milanesas, chorizos, etc. y también en productos elaborados como escabeches.

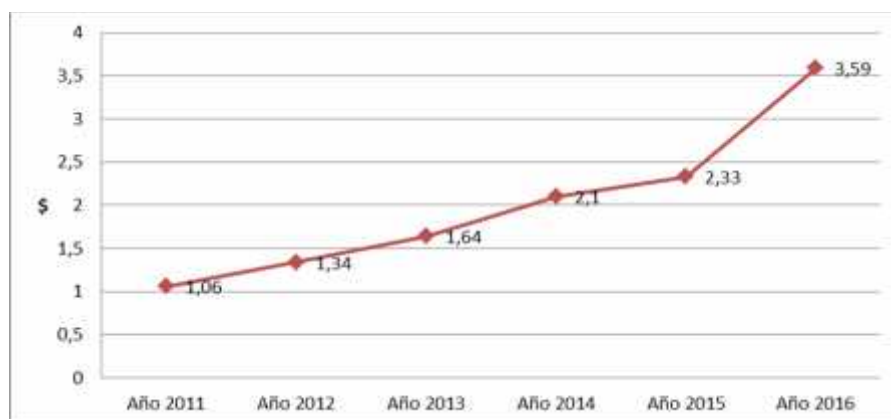
En los últimos años se puede observar un aumento del precio promedio que paga el frigorífico al productor por Kg de peso vivo (Figura 7), como así también un aumento del precio del kg de alimento balanceado (promedio de todas las categorías) (Figura 8). En el año 2018, si bien los frigoríficos llegaron a pagar al productor 90 \$/kg de conejo vivo (sin IVA), también se observaron aumentos sostenidos en el precio del alimento balanceado hasta los 9 \$/kg. Este aumento en el rubro que representa el mayor porcentaje de los costos de producción (Figura 9), lleva a que la rentabilidad de la actividad siga siendo baja.

Figura 7: Evolución de precios promedio en \$/kg sin IVA – En frigorífico



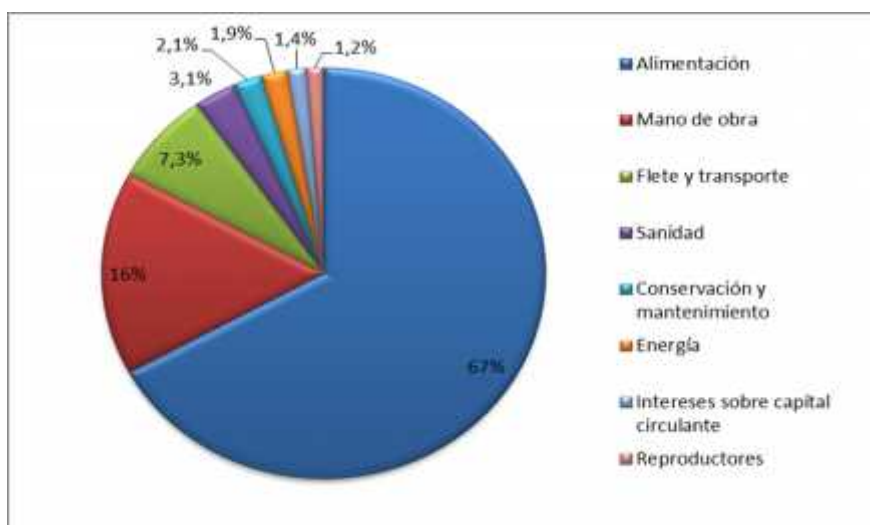
Fuente: Área Cunicultura, MAGyP, en base a datos de frigoríficos con habilitación SENASA 2011-2016

Figura 8: Evolución de precios promedio del alimento balanceado en \$/kg sin IVA



Fuente: Área Cunicultura, MAGyP, en base a datos de elaboradora del alimentos Marcelo Hoffman e hijos.

Figura 9: Composición porcentual del costo operativo total de producción



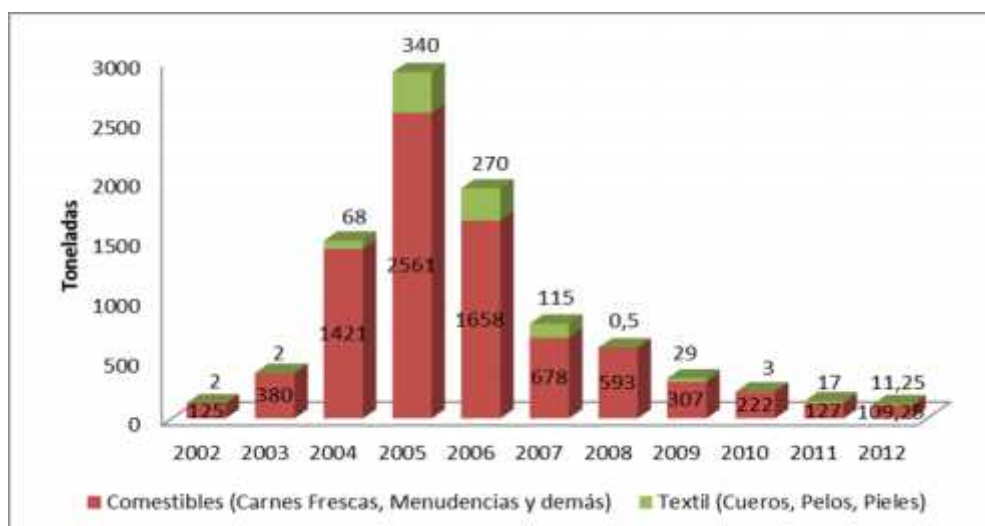
Fuente: Manual de Cunicultura de Carne. Serie extensión n° 33. Marzo 2005. (pág. 33)

Dada la falta de desarrollo del mercado interno, resulta evidente la dependencia del mercado internacional de carne de conejo argentina y por ende, fluctuaciones a nivel mundial, repercuten y hacen oscilar la producción a nivel nacional. En la actualidad se está intentando disminuir la dependencia del mercado internacional a través del desarrollo del mercado nacional, mediante la promoción de las propiedades de la carne de conejo tendiente a aumentar el consumo interno.

6. Comercio Exterior

La exportación de carne de conejo de Argentina, cobró gran importancia cuando China cesó su actividad comercial con el mercado europeo por cuestiones sanitarias dejando una elevada demanda de carne insatisfecha. Los años 2004 y 2005 fueron excepcionales para la producción de carne de conejo en la Argentina, que se destinó mayoritariamente al mercado europeo, sin lograr cubrir la demanda, a pesar del continuo incremento productivo. Como se puede observar en la Figura 10, los años 2005 y 2006 fueron los de mayor cantidad de toneladas exportadas de todos los rubros (comestibles y textil).

Figura 10: Evolución de las exportaciones de conejo por rubros – 2002/2012



Fuente: Área Cunicultura, MAGyP en base a datos de área Estadística de SENASA.

Luego del pico de exportaciones logrado en el año 2005, la disminución de la producción durante los últimos años se vio directamente relacionada con la disminución en las exportaciones, llegando a 0 en los últimos años (Secretaría de Agroindustria, 2018). Esta tendencia descendente se percibió también en el consumo interno del país.

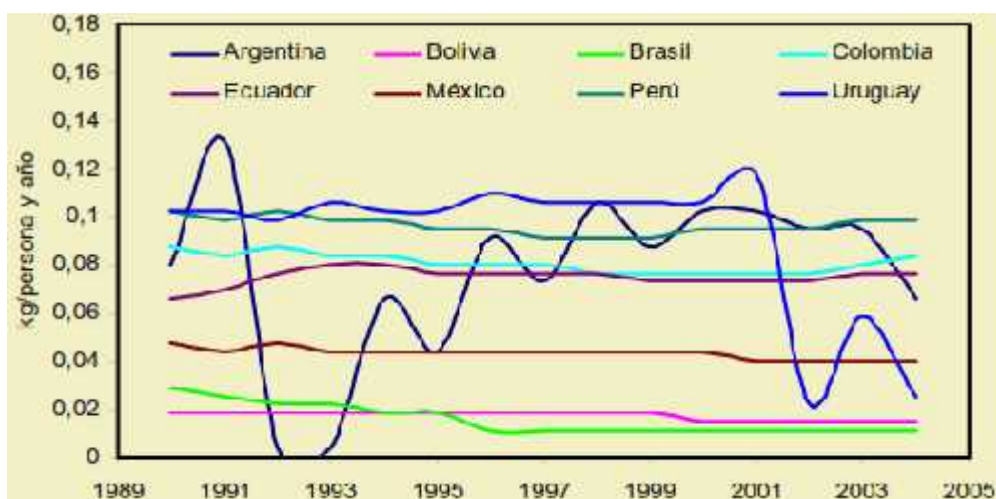
No se han registrado exportaciones de carnes frescas y demás comestibles de carne de conejo desde el año 2013. Manteniéndose un pequeño volumen de exportación de los rubros cueros, pelos y pieles a diferentes destinos en forma esporádica hasta 2016.

Con respecto a las importaciones, históricamente fueron volúmenes muy bajos y del rubro cueros, pelos y pieles. No se registran movimientos de importación de cualquier rubro referente a productos y subproductos de conejos desde 2011.

7. Consumo

Como se puede observar en la Figura 11, el consumo de carne de conejo ha sido históricamente bajo, no solo en Argentina sino también en otros países de Latinoamérica.

Figura 11: Consumo de carne de conejo en Kg/hab/año en Latinoamérica



Fuente: Boletín informativo Universidad de Valencia, año 2006. 'Extraído del curso 'Cunicultura para Carne' dictado en la Cátedra de Avicultura, Cunicultura y Apicultura del Dto Prod. Animal UBA'

En la Tabla 2 se muestra la evolución del consumo de carne de conejo en gr/hab/año estimado sobre el total de la población argentina para los años 2016-2017.

Tabla 2: Comparación del consumo de carne de conejo 2016-2017

MES	2016 (g/hab)	2017 (g/hab)	VAR. 14/13 %
E	2,22	0,89	-59,66
F	2,34	1,17	-49,93
M	2,04	0,76	-62,79
A	2,42	1,44	-40,67
M	1,50	1,54	2,41
J	1,52	1,21	-20,21
J	1,63	1,38	-15,06
A	1,66	1,84	10,93
S	1,50	1,14	-23,72
O	1,49	1,22	-17,86
N	1,75	1,27	-27,23
D	1,45	1,56	8,00
TOTAL	1,80	1,26	-29,81

Fuente: Área Cunicultura, MAGyP en base a datos de la Dirección de Control de Gestión y Programas Especiales, SENASA. Base de Movimientos. Información provisoria sujeta a modificaciones.

Se calcula que a nivel nacional el consumo de carne de conejo es de 1,20 gr/hab/año aproximadamente (Secretaría de Agroindustria, 2018), mientras que el consumo de carne bovina alcanza los 68 Kg/hab/año (IPCVA, 2019). La carne y los productos elaborados a partir de carne de conejo de las regiones donde se encuentran los establecimientos cunícolas, son comercializados dentro de las comunidades en que se desarrolla esta actividad y es por esto que el consumo real local es más elevado que el índice que se calcula para todos los habitantes del país (MINAGRI, 2013).

Históricamente, el conejo se comercializaba sólo en forma de carcasa entera con cabeza, riñones e hígado. Hoy en día se presenta además, elaborado bajo la forma de hamburguesas, albóndigas, chorizos y trozados.

Algunos de los motivos del bajo consumo de esta carne son: desconocimiento de sus posibilidades culinarias y de sus cualidades nutricionales, mascotismo, baja presencia en góndola, precio elevado, poco industrializada (lista para comer/cocinar) y competencia con la carne de pollo (Oliva, 2018)

8. Sistemas de producción y Manejo

Las características reproductivas del conejo permiten la realización de diferentes planteos productivos según el objetivo zootécnico de cada establecimiento. El ajuste de los factores que inciden en la respuesta productiva (alimentación, sanidad, genética, instalaciones, ambiente, manejo) así como sus respectivas interacciones, posibilitan la intensificación de la producción. No existe un único objetivo en la producción de conejos para carne y por lo tanto tampoco hay un único sistema de explotación; el grado de intensificación de cada uno promueve distintos niveles de productividad pero con requerimientos de inversión y riesgos muy diferentes. En este sentido, el manejo reproductivo puede encararse bajo distintas modalidades o intensidades lo que determinará diferencias en los animales producidos por hembra por año, debido principalmente a un menor periodo de intervalos entre partos y a una diferente productividad por jaula del establecimiento. Esto se relaciona con algunos aspectos básicos derivados del conocimiento del comportamiento reproductivo de las hembras. En función de esto podemos clasificar a los sistemas productivos en:

8.1. Sistema intensivo:

En este sistema el grado de intensificación es máximo, apuntando a la mayor cantidad de partos posibles al año. El intervalo entre partos buscado es de 35 días, para lo cual se intenta servir a la coneja desde el cuarto día después de la parición. Este manejo reproductivo es aquel que propende a obtener una cantidad de 10 partos por hembra al año, aunque no todos los animales del plantel ni en todas las épocas del año se adaptan a esta exigencia reproductiva. Los gazapos deben ser destetados a los 28 días de vida, para permitir que la hembra tenga una semana de 'seca' (sin lactancia) y afrontar los altos requerimientos de gestación correspondientes al crecimiento de los fetos en el último tercio de la preñez. Cada macho puede realizar servicios sólo día por medio, y a una sola hembra por día, por lo que en este sistema, es necesario un mayor número de machos/hembra para realizar monta natural o recurrir a la técnica de inseminación artificial.

Una práctica de rutina importante asociada a este sistema es la palpación abdominal para la detección de la preñez entre el 10^{mo} al 12^{mo} día *post* servicio, con el fin de diagnosticar la gestación. Ésta técnica resulta de suma utilidad para hacer más eficiente el manejo reproductivo en un criadero y bajar los costos de alimentación ya que permite re-servir las hembras vacías sin esperar a la fecha de parto estimada. La detección precoz de la ausencia de gestación permite acortar los intervalos entre partos pudiendo repetirse el servicio de manera anticipada disminuyendo los días improductivos de esa hembra. Su sencillez y efectividad aporta una valiosísima herramienta de manejo en la rutina del criadero.

Las hembras a servir, son seleccionadas a partir de registros en planillas diarias en los que no solamente se identifica del día del parto sino también los datos de pedigree.

8.2. Sistema semiintensivo:

En este sistema se prevé un grado de intensificación menor que en el intensivo a través de un intervalo entre partos más prolongado (45 días vs 35 días para semiintensivo e intensivo respectivamente), concediéndole a la coneja 14 días de descanso luego de cada parto. Este ritmo de producción busca un máximo de 8 partos/hembra anuales.

8.3. Sistema extensivo:

Consiste en servir a la coneja una vez que ha destetado a sus crías evitando la superposición de dos exigencias productivas altas como son la lactancia y la gestación en forma simultánea. Esto asegura que mientras la coneja está preñada no está produciendo leche y viceversa, mientras está amamantando no está preñada. Destetando a los 30 días después del parto, se logra un intervalo entre partos de 60 días lo cual posibilitaría un máximo de 6 partos/hembra anuales. Si bien esta meta es insuficiente para una explotación comercial, resulta una alternativa interesante para sistemas familiares o de “traspatio”, orientada al autoconsumo y a la venta de pequeños excedentes, sistema asociado con una alimentación de baja densidad nutricional pero de menor costo.

8.4. Manejo productivo en bandas:

En los criaderos con un elevado número de madres y manejo reproductivo intensivo o semi-intensivo, cobra importancia el manejo productivo en bandas. Este manejo surge en países desarrollados en los cuales la mano de obra involucrada en la explotación cunícola incide en forma importante, en el resultado económico, debido al porcentaje que representa en los costos totales de la producción. Este sistema implica la organización de todas las tareas a fin de que el operador pueda concentrarse exclusivamente en una o dos operaciones diarias del conejar (servicios, palpaciones, colocación de nidos, control de partos, destetes, etc.); dichas tareas tendrán que llevarse a cabo en un mismo día de la semana sin variación. Así,

por ejemplo, los servicios siempre se realizarán los lunes; los partos se controlarán los jueves, las palpaciones los viernes, etc. Para conseguir esta planificación, el cunicultor deberá servir a sus conejas (en monta natural o artificial según número de hembras reproductivas presentes) en días fijos a los 4, 11, 18 o 25 días después del parto, previa inducción de la ovulación para asegurarse de poder servir a todas las hembras en el mismo día. Cuando la totalidad de las conejas de una explotación se sirven el mismo día se habla de un manejo en 'banda única'. En este sistema las hembras que no hayan quedado preñadas no se volverán a servir hasta finalizar el ciclo reproductivo. Cuando se quiere acortar el intervalo entre partos, se puede trabajar con 2 o más bandas. Las opciones de manejo en bandas son las siguientes:

1. Con dos días de servicio por semana.
2. Con un día de servicio por semana.
3. Con un servicio cada dos semanas.
4. Con un servicio por mes o banda única.

En los dos primeros casos, se pueda trabajar con monta natural y en los dos últimos es imprescindible el uso de la inseminación artificial. El número de bandas indica el número de grupos de conejas que hay en diferentes estados de gestación y lactación.

El sistema de la 'banda semanal' (1 servicio/semana) se muestra como el más favorable de todos, ya que al realizar servicio cada semana, los riesgos de variación en la fertilidad, debidos a la estacionalidad, cambios climáticos, estado de los animales, etc., se minimizan respecto a los demás sistemas de bandas.

9. Producción de carne de conejo

La producción ganadera puede complementar a la producción vegetal para lograr un uso más eficiente de los recursos. En este sentido, los conejos presentan una serie de

características que resultan muy importantes en este proceso, especialmente en los países en desarrollo (Owen, 1976; Cheeke, 1986; Cunha y Cheeke, 2012).

Algunos de estos atributos son:

- **alto potencial reproductivo.** Gestación corta (31 días) y ciclo parto-parto potencialmente breve (desde 32 días) ya que existe la posibilidad de cubrir a las conejas a las 24 horas pos parto (comportamiento reproductivo del conejo silvestre, influenciado por la estacionalidad anual). La oportunidad de cubrir a la hembra después del parto, momento de alta receptividad y fertilidad, posibilitaría teóricamente obtener 11 camadas al año (Cheeke, 1995); sin embargo, dado el alto grado de desgaste, fallas en los servicios y mortalidad de hembras, el ritmo de cubriciones en las explotaciones comerciales varían de 1 y 5 semanas después del parto (ciclo parto-parto de 38 a 66 días) que posibilitaría obtener 5 a 9 camadas por año. En los países en desarrollo, es posible establecer un programa de reproducción de forma que con solo cuatro conejas y un macho, mantenidos en un pequeño espacio, puedan producirse conejos durante todo el año, lo que permitiría que la familia pueda consumir, al menos un conejo a la semana.

- **rápido ritmo de crecimiento.** El crecimiento posible en condiciones óptimas será aproximadamente de 30-40 g/ día, Estas ganancias diarias podrán obtenerse a partir de un buen índice de conversión alimenticia, es decir, un consumo de 3-3,5 kg de alimento para una ganancia de 1 kg de peso vivo. El peso de venta o sacrificio en un criadero convencional, tiene lugar hacia la edad de 70-90 días para un peso de 2,3-2,5kg en las estirpes de tipo Neozelandesa Blanca y Californiana (FAO, 1996).

- **Eficiente transformación de proteínas vegetales en proteínas animales de alto valor biológico.** En este sentido, considerando el sistema de producción aplicado y el criadero en su conjunto, el conejo puede transformar el 20% de las proteínas alimenticias que absorbe en carne comestible (valor obtenido integrando el alimento consumido por el engorde, los reproductores y la renovación de estos últimos). Los valores medios calculados en función del sistema de producción para otras especies de interés zootécnico son de 22-23% para el

pollo de carne (para el ciclo crecimiento-engorde), 16-18% para el cerdo y 8-12% para la producción de carne de bovino. Un cálculo análogo relativo al costo energético de esas mismas proteínas es todavía más favorable para los conejos. La importancia del gasto energético en bovinos y ovinos para carne deriva esencialmente de la energía consumida para mantener una hembra poco prolífica en términos comparativos, como máximo 0,8 a 1,4 crías/año vs 40 conejos/año. El conejo puede asimilar con facilidad parte de las proteínas contenidas en las plantas ricas en celulosa, mientras que los pollos y los pavos, con mejores resultados a nivel de rendimiento, no son rentables cuando son nutridos a base de alimentos celulósicos; esto se debe a que el conejo es una especie herbívora caracterizada por la presencia de un ciego muy desarrollado con presencia de bacterias y procesos fermentativos que influyen la digestión, los requerimientos nutritivos y las materias primas que se pueden utilizar. Si bien, como todo animal monogástrico digiere poco las fibras, presenta una importante digestión cecal y la práctica de la cecotofía que lo diferencia de las otras especies.

- **‘no competencia’ por alimentos destinados al consumo humano:** El consumo animal de alimentos como cereales, soja, girasol, etc., entra en competencia con el consumo alimentario humano (FAO, 1996); los conejos pueden producirse, en sistemas no intensivos, a base de alimentos que no compiten con los utilizados por el hombre, como forrajes, subproductos de la molinería y de otras actividades agropecuarias.

10. Fisiología digestiva

Los conejos son monogástricos herbívoros en los que el ciego ocupa el 50% del volumen total del aparato digestivo. Para satisfacer sus elevadas necesidades metabólicas, cuenta con un aparato digestivo que permite la ingestión de elevadas cantidades de alimentos y un tránsito rápido de los mismos. El doble proceso digestivo en el cual la ingesta normal de

alimento es seguida por la cecotrofia, hace al conejo completamente diferente de otros herbívoros.

En un conejo adulto (4-4,5 kg) o púber (2,5-3 kg), el tubo digestivo tiene una longitud total de 4,5-5 m. Después de un esófago corto, se encuentra el estómago, que representa alrededor de un tercio de la capacidad digestiva total y contiene aproximadamente 90-100 g de una mezcla de alimentos. En la región fúndica el pH es más elevado 3,5; (Gutiérrez y col., 2002) y en ella permanecen los cecotrofos durante varias horas después de ser ingeridos (6-8 h; Lang, 1981). El pH en la zona pilórica es muy bajo (1,2), incluso en animales jóvenes destetados precozmente (Gutiérrez y col., 2002), lo que asegura la desnaturalización de las proteínas alimenticias y una barrera séptica frente a la contaminación microbiana por vía oral (de Blas Beorlegui y col., 2002; De Blas Beorlegui y Wiseman, 2010).

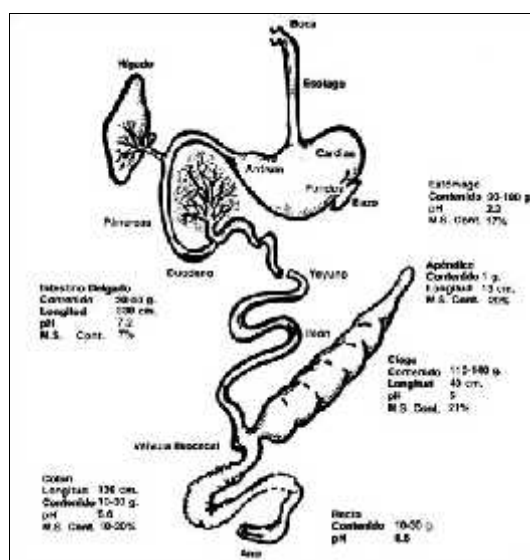
El intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon), mide alrededor de 3 m de longitud por un diámetro aproximado de 0,8-1cm. El ciego mide aproximadamente 40-45 cm de longitud por un diámetro medio de 3-4 cm, con un peso de 100-120 g. Su contenido tiene un 22% de materia seca (MS). El apéndice cecal (10-12 cm) tiene un diámetro más delgado y una pared constituida por un tejido linfoide. Muy cerca de su unión con el intestino delgado, se encuentra el inicio del colon. Los estudios de fisiología muestran que este depósito, es un lugar de paso obligado; el contenido circula desde la base hacia la punta pasando por el centro del ciego, y a continuación vuelve hacia la base, a lo largo de la pared. Después del ciego se encuentra el colon de cerca de 1,5 m; plisado y ondulado en los primeros 50 cm (colon proximal) y liso en su parte terminal (colon distal) (De Blas Beorlegui y col., 2002; De Blas Beorlegui y Wiseman, 2010).

Estos órganos se esquematizan en la Figura 12, que muestra algunos datos sobre la importancia y las características de su contenido. El tubo digestivo, tiene porcentualmente, mayor relevancia en el conejo joven que en el adulto y alcanza prácticamente su tamaño definitivo en un conejo de 2,5-2,7 kg, cuando el animal pesa como máximo el 60-70% de su

peso adulto. Como glándulas anexas se encuentran el hígado y el páncreas que participan en los procesos digestivos a través de sus secreciones en el intestino delgado.

Dentro de las particularidades del aparato digestivo del conejo, cabe remarcar la corta longitud del intestino delgado (3-3,5 m) y su escaso contenido relativo, y la importancia de los depósitos estómago y ciego; el 70-80% del contenido seco total del tubo digestivo está concentrado efectivamente en estos dos últimos segmentos. La proporción de agua del contenido puede variar muy sensiblemente de un segmento al otro, como consecuencia de las secreciones del organismo así como de la absorción de agua (FAO, 1996).

Figura 12: Aparato Digestivo del conejo



Fuente: Lebas y col. 1996

10.1. Tránsito digestivo y cecotrofia

Los procesos digestivos se inician en el momento en que se ingieren los alimentos. La masticación de los mismos es muy intensa, llegando a 120 movimientos de mandíbula por minuto. La consecuencia es que el material ingerido se reduce a partículas de pequeño tamaño (la excepción corresponde a los cecotrofos, que son consumidos enteros, permaneciendo intactos en el estómago durante varias horas) (Cheeke, 1995).

Las partículas alimenticias consumidas por el conejo llegan rápidamente al estómago encontrándose con un medio muy ácido, con pH entre 1 y 2 para conejos adultos (Smith,

1965) y permanecen en él algunas horas (de tres a seis, aproximadamente), sufriendo pocas transformaciones químicas. La fuerte acidificación provoca la solubilización de numerosas sustancias, como también el inicio de la hidrólisis de proteínas por acción de la pepsina. El contenido del estómago se inyecta progresivamente en el intestino delgado, mediante pequeñas descargas merced a las poderosas contracciones estomacales. Bajo la acción de las enzimas contenidas en las secreciones intestinales y pancreáticas, los elementos fácilmente degradables quedan liberados, atraviesan la pared intestinal y son distribuidos por la sangre a las células del organismo. Las partículas no degradadas, después de una permanencia total aproximada de 90 minutos en el intestino delgado, entran al ciego dónde permanecen de 2 a 12 horas en condiciones de anaerobiosis y pH estable, ligeramente ácido. Durante este periodo son atacadas por las enzimas de las bacterias que colonizan el ciego (del orden de 10¹⁰ bacterias/g; de Blas Beorlegui y García Rebollar, 1993), pertenecientes principalmente a los géneros *Bacteroides*, *Bifidobacterium*, *Clostridium*, *Streptococcus* y *Enterobacter* (Carabaño y col., 1998). La fermentación cecal es típicamente acética (Gidenne y col., 1998), con prevalencia del ácido acético (70-80%), seguido de butírico (10-20%) y de propiónico (5-10%) (Morisse y col., 1985) y utiliza como principales sustratos fibra, como fuente de energía, y secreciones endógenas (células epiteliales, secreciones digestivas, urea) como fuente de nitrógeno (Carabaño y col., 2000). Los elementos que se degradan a partir de esta acción fermentativa (ácidos grasos volátiles principalmente) quedan liberados, atraviesan la pared del tubo digestivo y se introducen en la sangre; el resto del contenido del ciego es evacuado hacia el colon. Aproximadamente la mitad del contenido alimenticio, está formada por partículas grandes y pequeñas que no han sido degradadas y la otra mitad, por el cuerpo de las bacterias que se han desarrollado en el ciego a expensas de los elementos que llegan del intestino delgado. Hasta esa fase, el funcionamiento del tubo digestivo del conejo no difiere particularmente del de otros monogástricos.

Dado que el ciego se halla en una posición caudal con respecto del íleon, principal lugar de absorción de nutrientes resultantes de la digestión duodenal, el conejo así como otras especies (*Lepus sp.*), ha desarrollado una estrategia que le permite aprovechar los productos de la fermentación cecal: la cecotrofia. La misma consiste en la producción y excreción de dos tipos de heces: heces blandas o cecótrofos y heces duras. Contrariamente a la coprofagia que se da en animales que solo producen un tipo de heces y que ingieren éstas como respuesta a una alteración nutricional (subcarencias, vicios adquiridos o desarreglos alimenticios), la cecotrofia tiene un papel digestivo cíclico de primer orden parecido al que se da en los rumiantes.

Los conejos muestran un marcado ritmo nictameral en cuanto a la ingestión de alimento y excreción de heces (Carabaño y Merino, 1996). Mientras que el consumo de alimento y la expulsión de las heces duras acontecen por las tardes y la noche (en ausencia de luz en condiciones naturales), las heces blandas son liberadas por la mañana. Durante el periodo de cecotrofia que normalmente dura entre 7 y 9 horas, hay ausencia de heces duras y el consumo de alimento es bajo. Estos ritmos de excreción e ingestión pueden modificarse según el régimen de iluminación, el estado fisiológico y la restricción del suministro de alimento.

La síntesis de dos tipos de heces es posible gracias a los diversos movimientos contráctiles que es capaz de realizar el colon proximal (Ehrlein y Ruoff, 1982). Durante la excreción de heces duras, las sustancias solubles, los microorganismos y las partículas finas (aquellas cuyo diámetro es menos de 0,3mm) son revertidas hacia el ciego e introducidas en él a través de la válvula íleo-cecal gracias a los movimientos antiperistálticos del colon. Las partículas groseras (más de 0,3mm de diámetro) son dirigidas a la parte distal del colon y constituyen las heces duras.

El contenido que sale del ciego se recubre en el colon proximal de una capa de mucina dando lugar a unos racimos de heces blandas de unos 5mm de diámetro, llamados cecótrofos.

Antes de ser liberados al medio, estos cecótrofos son ingeridos sin masticación por el conejo directamente desde el ano. Se desconoce si el olor característico de las heces blandas o la posible presencia de mecano receptores en el ano es lo que facilita al conejo el reconocimiento de los cecótrofos (el conejo se inclina hacia adelante) y luego sin masticar son depositados en la región fúndica del estómago durante 3 a 6 horas (Gidenne y col., 1985). A partir de ese momento, el contenido de las cecotrofas sigue una digestión idéntica a la del resto de los alimentos.

Teniendo en cuenta las partes recicladas, una, dos, tres o incluso cuatro veces, y la naturaleza de los alimentos, el tránsito digestivo del conejo dura de 18 a 30 horas aproximadamente (20 horas de promedio). Cabe recordar que la mitad del contenido de las cecotrofas está constituido por los residuos alimenticios no degradados totalmente y restos de secreciones del tubo digestivo mientras que aproximadamente la otra mitad se compone de cuerpos bacterianos. Estos últimos representan un apreciable aporte de proteínas de alto valor biológico, así como de vitaminas hidrosolubles. La práctica de la cecotrofia tiene un interés nutricional apreciable para el conejo en condiciones naturales ya que puede llegar a aportar el total de vitaminas B y C y alrededor del 15-25% de las proteínas ingeridas diariamente (Gidenne y Lebas, 1987, tomado de Rosell Pujol, 2000), fundamentales en épocas invernales o de escasez de alimento energético-proteico. Sin embargo, el modo de regulación y las cantidades producidas limitan su repercusión cuantitativa a nivel de crianza comercial, dado el consumo de alimento balanceado en función de los requerimientos de los conejos según su etapa fisiológica.

La composición de las cecotrofas es relativamente independiente de la naturaleza del alimento ingerido (constancia de los cuerpos bacterianos) y la cantidad producida diariamente, no parece depender de la composición del alimento.

En el conejo, el tránsito digestivo es tanto más rápido cuanto mayor sea el contenido de celulosa bruta del alimento y/o cuanto más gruesas sean las partículas. De hecho, para el buen funcionamiento del sistema digestivo se necesita un correcto aporte de fibra gruesa,

pues, si el alimento contiene pocas partículas gruesas y/ o éstas son altamente digestibles, el mecanismo de retorno al ciego funcionará al máximo, pero permanecerá estancado, y el contenido cecal se empobrecerá de elementos necesarios para nutrir las bacterias que colonizan el ciego, corriendo el riesgo de favorecer el desarrollo de bacterias patógenas. Por tanto, debe asegurarse el aporte por vía alimentaria, de una cantidad mínima de fibra que permita a los animales asegurar un tránsito digestivo suficientemente rápido, la separación de partículas y la cecotrofia.

Este comportamiento de cecotrofia aparece en el conejo joven aproximadamente a las 3 semanas de edad, en el momento en que los animales empiezan a consumir alimentos sólidos además de la leche materna.

11. Digestión de la proteína

Las proteínas son macromoléculas formadas por largas cadenas de aminoácidos unidos por enlaces peptídicos para formar cadenas polipeptídicas. Ocho de esos aminoácidos (isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina) se consideran esenciales desde una perspectiva nutricional debido a que sus esqueletos de carbono no se pueden sintetizar en animales superiores.

Los concentrados de proteínas que más se utilizan en las dietas de conejo en Europa son los subproductos (tortas o expeller) de soja y girasol, con niveles de inclusión de 80 a 90 g/kg, que comprenden del 35 al 40% del total de proteínas de la dieta. El forraje más utilizado en dietas para conejos es el heno de alfalfa (90% de la dieta; Villamide y col., 2009) con niveles de inclusión de 200 a 400 g/kg. Por lo tanto, la proteína de la alfalfa representa al menos 25% de la proteína de la dieta.

La capacidad de los diferentes alimentos para cumplir con los requerimientos de proteínas y aminoácidos de los conejos en las distintas fases productivas depende de la unidad de nitrógeno utilizada (Carabaño y col., 2000). Por lo tanto, una definición adecuada de la

unidad de nitrógeno tanto en los requerimientos de los animales como en la evaluación de los alimentos permitirá una mayor precisión en la formulación de la dieta, reduciendo los riesgos de patologías intestinales como la enteropatía epizootica de conejos (Carabaño y col., 2008) y la contaminación ambiental. (Maertens y col., 2005).

El íleon es el último segmento del tracto digestivo donde los aminoácidos pueden ser absorbidos; por lo tanto, se considera que la digestibilidad ileal ofrece una estimación más precisa de la disponibilidad real de aminoácidos para la síntesis de proteínas animales tanto en conejos (Carabaño y col., 2000) como en otras especies no rumiantes. La digesta ileal y fecal contiene cantidades importantes de proteínas de origen endógeno (3.8 y 2.5 g/100 g de ingesta de materia seca a nivel ileal y fecal, respectivamente; García y col., 2004; Llorente y col., 2005) originados a partir de secreciones digestivas, células epiteliales y mucinas o microorganismos.

Los residuos de la digestión intestinal y la urea reciclada a través de la sangre son sustratos potenciales que permiten que las bacterias cecales obtengan energía y nitrógeno para el crecimiento. Al final del íleon, la fibra es el componente principal de la digesta (aproximadamente 70% del total de MS), mientras que el nitrógeno es el segundo en importancia (aproximadamente 15% del total de MS). Sin embargo, teniendo en cuenta la baja fermentabilidad de la fibra (30% para la digestibilidad de la fibra detergente neutra) y el alto contenido de sustancias endógenas en los residuos de nitrógeno (aproximadamente 64%), ambos componentes pueden contribuir igualmente a mantener la microbiota intestinal residente.

Los primeros estudios cualitativos sugieren que la microbiota cecal es capaz de utilizar el nitrógeno que entra en el ciego y transformarlo en otros componentes que contienen nitrógeno, como la proteína microbiana y el amoníaco (Villamide y col., 2010)

La actividad proteolítica de las bacterias cecales da como resultado ácidos grasos volátiles (AGV) como compuestos energéticos y producción de amoníaco para el crecimiento.

El amoníaco producido a partir de la hidrólisis de la proteína y la urea es parcialmente utilizado por las bacterias cecales como el sustrato principal para la síntesis de proteínas (Hoover y Heitmann, 1975; Forsythe y Parker, 1985a, b) mientras que otra porción se absorbe en la pared cecal, lo que contribuye a la producción de urea (27% de urea total; Forsythe y Parker, 1985c). El alcance de estos procesos no ha sido totalmente cuantificado aún, sin embargo, las características de la dieta afectan la concentración total en ciego de amoníaco y la incorporación de nitrógeno amoniacal en la proteína microbiana.

El incremento o la disminución de la concentración de amoníaco cecal han sido relacionados con la proporción de energía y proteína digestible (relación ED/PD) en la dieta por diferentes autores (Carabaño y col., 1988, 1989, 1997; Fraga y col., 1991; Motta-Ferreira y col., 1996; García y col., 1995, 2000, 2002; Nicodemus y col., 2002). Cuando la ingesta de proteínas excede los requerimientos nutricionales, el reciclaje de urea de la sangre hacia el ciego aumenta, lo que lleva a una elevación en la concentración de amoníaco cecal.

La eficacia de la síntesis de proteínas microbianas a partir del amoníaco parece estar más relacionada con las características de los carbohidratos de la dieta que con la composición nitrogenada. La concentración de amoníaco cecal en el conejo alimentado con una dieta balanceada está en el rango de 4.5 a 6 mmol de amoníaco, lo que parece adecuado para la síntesis proteica microbiana si se compara con la concentración de amoníaco necesaria para dicha síntesis en el rumen. Por lo tanto, la disponibilidad de energía en el ciego podría ser el factor limitante para el crecimiento bacteriano. La inclusión en la dieta de niveles crecientes de fibra o fuentes de fibra con alta lignificación disminuye la producción de AGV y la concentración de proteína en el ciego (fuertemente relacionada con la proteína microbiana; Carabaño y col. 1988; Fraga y col., 1991). Por otro lado, la inclusión de fibra más fermentable (unida a pectinas o hemicelulosas) o fibra con una alta proporción de partículas finas (<0,3 mm de diámetro) aumenta el contenido tanto del nitrógeno total como el microbiano en las heces blandas (García y col., 2000).

El resultado final de la actividad bacteriana en el ciego es un cambio sustancial en la composición de aminoácidos de la proteína que ingresa al ciego desde el íleon. Según García y col. (2005) la actividad bacteriana conduce a un enriquecimiento en lisina, metionina y treonina, al comparar la excreción total en heces duras y blandas con flujo ileal aparente. Además, el enriquecimiento de estos aminoácidos esenciales fue mayor en las dietas donde las heces contenían una mayor proporción de proteína microbiana.

El estudio de la digestión de proteínas en conejos jóvenes ha adquirido mayor relevancia en los últimos 10 años debido a su influencia en la salud intestinal (Carabaño y col. 2009). La capacidad enzimática para digerir proteínas a nivel ileal parece ser más alta que la de algunos nutrientes, pero, en el momento del destete, la capacidad enzimática para la digestión de proteínas puede ser limitada. Cuando los valores promedio de la digestibilidad ileal de aminoácidos (AID) se comparan con los fecales, solo el 71% del total de proteínas digeridas se digiere en el íleon en conejos jóvenes. Esta cifra es inferior a la reportada en animales adultos, que varían de 82 a 90% para forrajes o concentrados, respectivamente. La baja digestión de proteínas en el íleon y una mayor limitación de la energía en el ciego (menor proporción de AGV) concuerdan con una mayor concentración de amoníaco cecal observada en los animales más jóvenes en comparación con los conejos adultos (García y col., 2002; Gidenne y Fortun-Lamothe, 2002; Nicodemus y col., 2002).

El principal efecto de la ingestión de heces blandas es la reutilización de proteínas. Hay muchos datos sobre la composición química de las heces blandas que sugieren que su composición es similar a la de los contenidos cecales. La concentración de proteína bruta (PB) en heces blandas puede variar de 230 a 335 g/kg. La contribución de las heces blandas a la ingesta total de PB varía, según la composición química de la dieta y la composición de los ingredientes del alimento dentro de las dietas, de 10,4 a 28,6%. Los valores más altos se asocian con dietas de baja digestibilidad que aumentan el flujo de proteínas no digeribles al ciego (Motta-Ferreira y col., 1996), mientras que los valores más bajos se relacionan con las dietas que suministran pequeñas cantidades de proteínas al

ciego (García y col., 2000). En dietas comerciales, el aporte de proteínas de las heces blandas es, en promedio, 18% de la ingesta total de PB.

La ingestión de heces blandas permite a los conejos utilizar parte de los aminoácidos que no se absorberán más allá del íleon para la síntesis de proteínas microbianas. De hecho, la cecotrofia contribuye al reciclaje del 36% del total de proteínas excretadas (heces blandas más duras), que es principalmente de origen bacteriano (alrededor de 67%; García y col., 2005). Además, esta proteína es una buena fuente de los aminoácidos más limitantes (metionina, lisina y treonina), como han informado varios autores (Proto, 1976; Nicodemus y col., 1999; García y col., 2004, 2005).

Los avances en la comprensión de la digestión del nitrógeno han permitido la adecuación de las formulaciones para la nutrición de los conejos a los cambios comerciales, las leyes ambientales, etc. Sin embargo, existen todavía muchas oportunidades para ampliar aún más el conocimiento del metabolismo de los aminoácidos para cumplir con los requisitos específicos, principalmente en animales jóvenes, en vistas al mejoramiento de la salud y el bienestar de los conejos (Villamide y col., 2010).

La práctica de la cecotrofia provee importantes niveles de proteínas a la dieta ya que la proteína contenida en los cecótrofos aporta del 15 al 30% del nitrógeno total ingerido, llegándose a niveles de aproximadamente un 28% de proteína bruta (Irlbeck, 2001). Una fracción considerable (70 a 80%) de este nitrógeno se encuentra en forma de proteína microbiana, otra (20%) como nitrógeno no proteínico y un porcentaje menor (8%), el nitrógeno contenido en la capa mucoide que los envuelve que procede probablemente del nitrógeno indigestible del alimento y del nitrógeno endógeno metabólico. La proteína reingerida se caracteriza por una alta digestibilidad y un elevado contenido de aminoácidos indispensables. Se ha demostrado que los conejos adultos, gracias a la cecotrofia, logran mantener un balance positivo de nitrógeno cuando se alimentan con una proteína de baja calidad; sin embargo, si se les impide practicar la cecotrofia en condiciones experimentales, el balance de nitrógeno con la misma dieta se torna negativo (García y col., 2006).

Una dieta que contenga más de 18% de proteína bruta no presenta ningún beneficio adicional al conejo (Sánchez y col., 1985; Mora-Valverde, 2010) y contrariamente, aumenta la incidencia de enterotoxemias. Un exceso de proteína en la dieta aumenta la presencia de proteína contenida en la digesta que llega al ciego, lo que favorece la proliferación de patógenos como *Clostridium* spp. y puede aumentar la presencia de *E. coli* (Gidene 2003, Irlbeck 2001, García y col. 2006, Ródenas Martínez, 2011).

En síntesis, la proteína y la fibra en el tracto del conejo son participantes de eventos particulares entre los cuales destacan la recirculación del alimento (cecotrofia) hasta obtener de ésta el máximo provecho, y constituye la adaptabilidad evolutiva del conejo que permite la conversión de alimentos de relativamente bajo valor para el ser humano, en proteína muscular de alto valor nutricional.

12. Requerimientos energéticos y nutricionales en el engorde

En la estimación de los requerimientos del conejo debe tenerse en cuenta el tipo de producción a aplicar, la genética de los animales y sobre todo, la particular fisiología digestiva de esta especie. Por un lado, se deben aportar todos los nutrientes necesarios para cubrir los requerimientos en función del máximo potencial genético del animal y, por otro lado, no comprometer el funcionamiento del aparato digestivo, manteniendo los costos de producción y la mortalidad dentro de valores aceptables.

Las proteínas y su composición en aminoácidos deben proporcionar los elementos de construcción o de reconstrucción que el organismo necesita. La celulosa, por su porción no digestible, debe minimizar la posibilidad de generar una obstrucción en el tránsito intestinal, para el buen funcionamiento del tracto gastrointestinal. La energía es indispensable para la termorregulación de los animales y para el funcionamiento general del organismo, sea el del metabolismo basal como el de los requerimientos energéticos de crecimiento y reproductivos. Finalmente, los minerales y las vitaminas son los elementos constitutivos de ciertas partes del animal (esqueleto), así como de las enzimas, que permiten mediante un

determinado gasto de energía, construir y renovar constantemente las proteínas del organismo, la respiración celular y el metabolismo de los lípidos, entre otros.

12.1. Energía

La energía necesaria para las síntesis orgánicas la proporcionan en general los glúcidos y en pequeña medida los lípidos. En caso de exceso de proteínas, estas últimas contribuyen también al suministro de energía previa desaminación. El conejo presenta, prevalentemente, una regulación quimiostática del apetito, por la cual, ante un aumento de la concentración energética de la dieta, se evidencia una disminución del consumo, dentro de ciertos límites, sin variaciones relevantes en el consumo de energía total. Este ajuste del consumo en función de la concentración energética de los alimentos se verifica en la medida que las proteínas y otros elementos de la ración estén bien equilibrados. En los conejos jóvenes de "frame" medio (tipo estirpe Neozelandesa o Californiana) en crecimiento, la ingestión diaria se regula en alrededor de 220 a 240 kcal de energía digestible (ED) por kilogramo de peso metabólico ($PV^{0.75}$) que se verifica sólo para dietas entre las 2.200 y 3.200 kcal ED/ kg de alimento. Por debajo de las 2.200kcal ED/ kg de alimento, se evidencia una regulación del apetito del tipo físico, ligada al llenado del tracto gastrointestinal con material voluminoso. Un alimento concentrado de elevado contenido de energía deberá ser también concentrado en todos los demás elementos nutritivos, de forma que los aportes cuantitativos de éstos queden satisfechos mediante la ingestión de una masa menor de alimento.

La grasa y el almidón son fuentes de energía en los alimentos de conejos, aunque en los concentrados su incorporación está limitada por condicionantes tecnológicos y fisiológicos. Para mantener la calidad del pellet del alimento balanceado, la incorporación de grasa se ve limitada al 1 - 3 %, mientras que los almidones oscilan entre el 15 y el 20 % con el fin de prevenir los problemas digestivos. Consecuentemente, la fibra adquiere importancia como aporte energético para el animal, en función del tipo de fibra que se utilice.

En los alimentos balanceados usados en las explotaciones comerciales y particularmente para las conejas reproductoras y los conejos en fase final de crecimiento, una parte importante de la energía alimentaria la representa el almidón contenido en los cereales. Por el contrario, antes de los 40 días de edad, el gazapo digiere sólo parcialmente el almidón dado que su sistema digestivo no ha alcanzado aún su madurez funcional (Gidenne y col., 1993). Para evitar que la porción de almidón no digerida llegue al ciego alterando el equilibrio de la flora cecal y consecuentemente el pH del ciego asociado al desarrollo de bacterias patógenas, se aconseja un máximo de 23% de cereales en los alimentos de pos destete (suministro de 20 a 40 días de edad). Este porcentaje de granos correspondería a valores de 12-14% de almidón en la ración y preferentemente derivado de almidones de fácil digestión (plantas 'carbono 3' (C3)) como el del trigo, cebada, avena en detrimento del de maíz y sorgo (Lebas, 1989).

Respecto a las materias grasas, el conejo presenta una necesidad específica de ácido graso esencial linoleico, pero una ración clásica del 3-4% de lípidos cubre en general esta necesidad. Por lo tanto, un aumento en el aporte de lípidos tendría como único objetivo aumentar la concentración energética de la ración.

La baja digestibilidad de los componentes celulósicos, que proceden de materias primas como la alfalfa o la paja, que tienen un coeficiente de utilización digestiva del 10 al 30%, confiere a éstos una función secundaria en la cobertura de las necesidades energéticas en relación con los carbohidratos almidonosos. Por el contrario, cuando los componentes celulósicos proceden de plantas poco lignificadas (en general jóvenes), la digestibilidad aumenta (30-60%) y su participación en el aporte energético total puede alcanzar niveles más altos (10 al 30%). Los mayores valores de energía son aportadas por las materias primas ricas en fibras muy digestibles, como las pulpas (de remolacha y de cítricos), el gluten o los subproductos con un alto contenido en almidón como el salvado.

12.2. Fibra

La función de la fibra como preventivo de problemas digestivos es asegurar el paso adecuado del alimento por el intestino, actuando como lastre y asimismo, constituir una fuente de energía para la flora celulolítica del ciego. En otras palabras, la fibra regula la velocidad de tránsito del alimento en el tubo digestivo y la producción de AGV en el ciego (Gidenne y col., 1996). La función de lastre se cumple con la fibra indigestible, mientras que la de aporte energético para la flora se cubre con la fracción de hemicelulosas y pectinas. Bajos aportes de fibra determinan mayores tiempos de retención en el tubo digestivo y, consecuentemente, un aumento del volumen del ciego por el estancamiento de la digesta. La poca renovación de alimento lleva al empobrecimiento de nutrientes y la utilización, por parte de los microorganismos, de las proteínas presentes con fines energéticos, aumentando la liberación de amoníaco y el pH del ciego, con efectos negativos en la normal actividad de la microflora cecal. Al contrario, un alto aporte de fibra disminuye el tiempo de retención, estimulando el peristaltismo intestinal y disminuyendo la utilización digestiva de la dieta, con excepción de la componente proteica gracias a la cecotrofia, que viene estimulada. Sin embargo, un exceso de fibra indigestible aumenta la mortalidad animal, debido a la aparición de bloqueos digestivos por constipación del ciego (Gidenne y col., 2010).

El contenido de fibra se evalúa generalmente a partir de su contenido de celulosa bruta (determinación según metodología Weende), a pesar de que esta técnica analítica es muy imperfecta. El nivel de fibra recomendado varía con la edad del animal, su estado productivo y la fuente de fibra. En general, para conejos en crecimiento, se recomienda un nivel de fibra bruta del 13 al 15% (nunca inferior al 12%) para asegurar el buen funcionamiento del ciego (Lebas, 1989). Para las hembras lactantes, se puede aceptar un nivel un poco más bajo (10 a 11 %). Cuanto más digestibles sean los componentes celulósicos de la dieta, más se habrá de aumentar el aporte total, de forma que tenga por lo menos un 10% de celulosa

bruta no digestible. La evaluación de la fibra según el análisis Van Soest (Goering y Van Soest, 1970) resultaría mas pertinente en el análisis de dietas de conejos ya que permite determinar el contenido de fibra en detergente neutro (FDN, paredes celulares), fibra en detergente ácido (FDA, lignina+celulosa) y lignina en detergente ácido (LDA). Según Gidenne y col. (1988), el nivel de LDA para conejos en crecimiento no debería ser nunca inferior al 5%. El análisis por determinación de las distintas componentes fibrosas permite establecer de modo mas ajustado el nivel de energía digestible de la dieta (ED), teniendo en cuenta la relación negativa entre el contenido de fibra y el valor nutritivo del alimento.

12.3. Minerales y vitaminas

Los estudios sobre las necesidades de calcio y de fósforo de los conejos en crecimiento han permitido demostrar que las exigencias de estos animales son claramente inferiores a las de las conejas lactantes. En efecto, estas últimas transfieren grandes cantidades de minerales a su leche: 7 a 8 g/día en plena lactancia, casi la cuarta parte de los cuales en forma de calcio. Según Lebas (2004), las recomendaciones de macronutrientes expresadas en g/Kg de alimento consumido para animales criados en forma intensiva son: calcio 7-8, fósforo 4-4,5, sodio 2,2, cloro 2,8 y potasio <15.

En cuanto a las vitaminas, el conejo tiene necesidad tanto de vitaminas hidrosolubles (grupo B y vitamina C) como de vitaminas liposolubles (A, D, E, K). Los microorganismos de su flora digestiva sintetizan grandes cantidades de vitaminas hidrosolubles que son utilizadas gracias a la cecotrofia. Dicho aporte sería suficiente para cubrir las necesidades de mantenimiento y para una producción media por lo que se refiere al conjunto de vitaminas del grupo B y de la vitamina C. Sobre las vitaminas liposolubles, Lebas (2004) y Chamorro y col. (2007) han estudiado los efectos de carencias o de excesos siendo escasos los trabajos sobre la determinación precisa de las necesidades; de este modo, las recomendaciones propuestas incluyen un margen de seguridad. Según Lebas (2004), los requerimientos

vitamínicos del conejo en engorde expresados en mg/Kg son los siguientes: E 30, K₃ 1, Niacina 50, Piridoxina 2, Tiamina 2, Riboflavina 6, Acido Fólico 5, Acido Pantoténico 20, Cianobalamina 0,01 y Colina 200. Los requerimientos de las Vitaminas A y D son 6 y 1 mIU, respectivamente.

12.4. Proteína

Los requerimientos proteicos del conejo se expresan en proteína bruta (PB) y proteína digestible (PD) y varían en función de la edad y la fase productiva del animal. El parámetro usado para cuantificar el aporte proteico es la relación proteína digestible/ energía digestible (PD/ED) debido a la prevalencia de la regulación quimiostática del apetito. El valor óptimo de ésta relación es 44 - 46 g/Mcal para conejos en crecimiento, lo que correspondería a un consumo de 19-20g PB/d o 12-14g PD/d (De Blas y col., 1985). Como en las demás especies zootécnicas, las necesidades proteicas del conejo son mayores en el primer periodo de crecimiento. Durante los 21 primeros días de vida, el gazapo cubre sus necesidades con el consumo de la leche de la coneja; pasado este periodo, la dependencia del alimento aumenta y los gazapos deben disponer de un alimento de calidad. Las primeras investigaciones (Payá y col., 1978) proponían alimentos con 18% de proteína bruta (PB) para cubrir las necesidades de gazapos entre las 3 y 6 semanas de edad. De Blas y col. (1985), utilizando 12 alimentos con 4 niveles de proteína y manteniendo constante la relación aminoácidos esenciales/proteína bruta, mostraron requerimientos medios durante el periodo de engorde de 11,8 gramos de proteína digestible por día (gPD/d). Asimismo, de los datos de este trabajo se calcularon las necesidades totales medias diarias expresadas en gramos de proteína digestible en función del peso al sacrificio y velocidad de crecimiento.

Según estos datos, un conejo que crece 35 g/día y se faena a los 2.250 kg necesita 11,8 g de PD/d; para un alimento de 2400 kcal de ED/kg, el contenido de proteína digestible sería de 10.1% ($11.8 \times 2.4 \times 100/280$). Si se supone un coeficiente de digestibilidad de la proteína

del 68%, correspondiente a un alimento en el que la mitad del aporte nitrogenado proviene de alimentos forrajeros, el contenido en proteína bruta recomendado sería de 14.8%. Este valor es ligeramente más bajo que las normas del NRC (1977) y Lebas (1989) que recomiendan un 16% de PB. Según García (2006) el contenido de proteína bruta recomendado para animales en crecimiento es de 15,35%.

Los investigadores (De Blas y col., 1998) han demostrado que el conejo debe recibir en su alimento, durante el desarrollo, una cierta cantidad de 10 de los 21 aminoácidos que constituyen las proteínas, que se designan con el nombre de aminoácidos indispensables o esenciales. Por analogía con las demás especies, se tienen en cuenta además otros dos aminoácidos que pueden sustituir parcialmente a dos aminoácidos indispensables, lo que conduce a la lista siguiente: arginina, histidina, leucina, isoleucina, lisina, fenilalanina+ tirosina, metionina + cistina, treonina, triptófano, valina. Dentro de éstos, los aminoácidos más limitantes en orden de importancia son: los aminoácidos sulfurados, la lisina y la treonina. Si bien los valores recomendados según la bibliografía son variables, De Blas y col., (1998) establecen 0,76%, sulfurados 0,72% y treonina 0,60% para dietas entre 10,4 y 10,6 MJ ED/kg. Por lo que se refiere a la lisina y a la arginina, el umbral de toxicidad del aminoácido en cuestión dista mucho del nivel que se juzga como óptimo. Por el contrario, para los aminoácidos sulfurados, sólo existe un pequeño margen entre la cobertura de la necesidad y el nivel que lleva consigo una alteración de los resultados por exceso. Cabe destacar que la cecotrofia tiene menor importancia en la nutrición proteica de los conejos en crecimiento respecto a los adultos, aunque aproximadamente el 10% de los aminoácidos absorbidos sea de origen bacteriano (Cheeke, 1987). En la medida en que las proteínas alimenticias aporten dichos aminoácidos indispensables, la ración para los conejos de engorde puede contener alrededor de un 15-16 % de proteína bruta. Es importante señalar que un alimento equilibrado en aminoácidos indispensables se consume siempre en mayor cantidad que el mismo alimento con carencia de al menos uno de ellos.

13. Importancia de la proteína en la dieta de conejos para carne

Hasta el siglo XXI, la fuente de proteína dietaria y el contenido proteico junto con los aminoácidos, fueron el objetivo primario y tradicional para resolver los problemas de los altos requerimientos nutritivos del conejo para la producción. Por este motivo, en la formulación de los alimentos balanceados es muy común observar un exceso de proteína. Además, la tendencia a aumentar el nivel de fibra de la dieta y a reducir el de almidón para evitar problemas digestivos, acaecido en la década pasada, determinó niveles crecientes de inclusión de heno de alfalfa y subproductos de cereales, en detrimento de los granos, dando como resultado, niveles de proteína más altos que lo recomendado para conejos en engorde (>al 15% PB) (Lebas, 1980). La legislación europea vigente a partir del año 2005 sobre la contaminación ambiental y la prohibición del uso de antibióticos dietarios como promotores del crecimiento, ha llevado a definir nuevos objetivos con respecto a la fuente de nitrógeno (Carabaño y col., 2008).

En Europa, el abono de conejo es considerado un contaminante ambiental debido a su alto contenido de nitrógeno y fósforo (Maertens, 1996); una posible solución a este problema es la reducción del contenido de N y P de las heces del conejo. Esto puede lograrse por medio de estrategias alimentarias tales como la reducción de la proteína dietaria, con o sin la adición de enzimas (proteasas) y/o de aminoácidos esenciales adecuándolos a la fase productiva, o a través del aumento de su digestibilidad (Maertens, 1996; Trocino y col., 2000; El-Mandy y col., 2002; Maertens, 2002; García y col., 2005; García-Palomares y col., 2006).

Los gazapos comienzan a consumir alimentos sólidos aproximadamente a los 17 días de edad y generalmente tienen acceso a la dieta de crianza o lactancia de alto valor proteico que consume la madre (Eiben y col., 2008). En el momento del destete, el aparato digestivo del joven conejo no está completamente desarrollado y la actividad enzimática es reducida, con lo que el flujo de nutrientes que llega al ciego sin digerir es elevado. En este sentido,

Gutiérrez y col. (2003), muestran que la utilización de distintas fuentes de proteína, en dietas isoproteicas diseñadas para gazapos destetados precozmente, dan lugar a diferencias en el flujo ileal aparente de proteína, resultando que las dietas formuladas con fuentes de proteína menos digestibles presentaron una mayor mortalidad en los conejos durante el periodo del engorde. Esta mayor tasa de mortalidad podría deberse a un cambio en la flora cecal provocado por la entrada al ciego de proteína no digerida en el intestino delgado (Chamorro y col., 2005). El aumento del flujo ileal de proteína ha sido relacionado con una mayor proliferación de especies patógenas del género *Clostridium* (Haffar y col., 1988).

Antes de la prohibición del uso de antibióticos como promotores de crecimiento en enero de 2006 (Esteve-García y col. 2005), las enfermedades entéricas debido a excesos de proteína en la alimentación, podían evitarse haciendo uso de los antibióticos. A partir de ese hecho, resultó necesario ajustar el aporte de proteína a los requerimientos de los animales según su etapa fisiológica, no solo para asegurar la salud intestinal, sino también para disminuir los riesgos de contaminación ambiental por el nitrógeno excretado y para bajar el costo del alimento balanceado en el cual los concentrados proteicos juegan un rol importante. Debido a la alta incidencia del costo de la fracción proteica en la dieta y teniendo en cuenta que el rubro 'alimentación' representa el 70-80% de los costos totales de una explotación, se evidencia una continua búsqueda de ingredientes alternativos y de disponibilidad local, que puedan mejorar la eficiencia productiva y disminuir los costos de la alimentación. De manera similar a lo que sucede en nuestro país, el desarrollo sostenible de la producción cunícola en países en vías de desarrollo se ve limitado por el alto precio de los alimentos balanceados, siendo éste el principal problema para los criadores (Lounaouci-Ouyed y col. 2008). Por este motivo, se han evaluado dietas equilibradas utilizando diversas materias primas locales disponibles (Berchiche y col. 2000; Maertens y col. 1997).

Los efectos del contenido proteico se estudian a través de la relación proteína digestible/energía digestible (PD/ED) de la dieta. En los conejos, las desviaciones de la relación proteína-energía fuera del valor óptimo (44 - 46 g/Mcal; Lebas, 2004) pueden

causar trastornos digestivos y serias modificaciones en el desarrollo corporal y calidad de la carne y la canal (Xiccato, 1999).

Los requerimientos nutritivos de los conejos criados en forma intensiva son bien conocidos y tienen poco margen de variación ya que la alteración de pocos puntos porcentuales de la proteína o la energía digestible dan lugar a la aparición de patologías digestivas.

Si la relación PD/ED es baja y la proteína ingerida no cubre los requerimientos diarios, se afecta la tasa de crecimiento y el rendimiento de res (Lebas y Ouhayoun, 1987) y aumenta la deposición de grasa en la carcasa por un subóptimo acrecentamiento de la proteína muscular (Maertens, 1996). Cuando la relación PD/ED es mayor al valor óptimo, la síntesis de proteína muscular alcanza su máximo potencial y la proteína en exceso es utilizada como fuente energética. En este caso, la composición de la ganancia de peso se mantiene constante (Xiccato, 1999) y la deposición de grasa tendería a reducirse ligeramente (Maertens y De Groote, 1988). Si la relación PD/ED es muy alta (mas de 48 g PD / Kcal ED) se afecta la ganancia diaria de peso y la eficiencia de conversión; se reduce la grasa perirrenal y se incrementa el porcentaje de mortalidad (Kjaer, 1997).

La excreción de nitrógeno depende estrictamente del nivel de PB en la dieta. En los conejos de engorde, una vez que los requerimientos de aminoácidos esenciales se satisfacen con los suplementos de los mismos, la PB en la dieta puede reducirse a <170 g / kg, lo que disminuye la excreción de nitrógeno sin perjudicar el rendimiento productivo (Maertens y col., 1997). El aumento de peso diario se ve afectado solo con <138 g PB/kg, pero la excreción de nitrógeno se reduce un 38%. Con conejos que se alimentaron con una dieta suplementada con el aminoácido más limitante hasta el sacrificio (63 días de edad y 2,35 kg de peso vivo), se obtuvo una reducción de la PB en la dieta de 160 a 140 g/kg sin afectar el crecimiento (García-Palomares y col., 2006). Cuando los conejos se sacrifican más tarde (75-90 días) a mayor peso (2.5 a 3.0 kg), los programas de alimentación basados en la disminución de la PB dietaria permitirían una mejor cobertura de los requerimientos más altos de proteínas en la primer etapa del crecimiento y reducirían la excreción durante el

engorde. De hecho, en este último periodo el consumo de alimento es mayor y la concentración de nitrógeno en la dieta puede reducirse sin afectar el rendimiento y la calidad de la carne (Maertens y col., 1997; Maertens y Luzi, 1998; Trocino y col., 2000, 2001). La reducción de PB dietaria de 160 a 140 g/ kg en el primer periodo, de 32 a 56 días de edad reduce el crecimiento diario y la retención de nitrógeno corporal (6%) y la excreción de nitrógeno en una medida similar (7%) (Trocino y col., 2000). En el segundo periodo (56–77 días), una reducción de la PB en la dieta de 154 a 143 g/kg disminuye la excreción de nitrógeno en 0.09 sin afectar la ganancia diaria y la retención de nitrógeno corporal.

14. Calidad de la carne de conejo

La continua demanda de altos estándares de calidad en la producción de carne requiere el desarrollo de nuevas herramientas capaces de satisfacer tales demandas. La calidad de la carne de conejo depende en gran medida de la nutrición del conejo.

Para establecer la calidad de una carne, se tienen en cuenta sus propiedades nutricionales, tales como proporciones apropiadas de compuestos bioactivos, proteínas, lípidos y sus constituyentes esenciales; las características sensoriales, tales como apariencia, textura y sabor; la salud, que depende de la grasa y del contenido de ácidos grasos saturados (AGS); y los factores tecnológicos, como el procesamiento. También incluye la percepción del consumidor de las condiciones de crianza de los animales en relación con el bienestar animal, el impacto de la producción animal en el medio ambiente y la seguridad alimentaria.

La carne de conejo ofrece excelentes propiedades nutritivas y dietéticas (Dalle Zotte, 2004; Combes y Dalle Zotte, 2005; Hernández y Gondret, 2006). Es una carne magra, rica en proteínas. La porción más magra es el lomo y la más grasosa es la pata delantera, con un contenido de lípidos promedio de 1,8 y 8,8 g /100 g, respectivamente. Esta carne ofrece un valor energético moderadamente alto, incluso si esto depende principalmente de su alto contenido de proteínas, lo que representa 0,80 del valor energético. También contiene altos

niveles de aminoácidos esenciales. En comparación con otras carnes, es más rica en lisina (2,12 g/100 g), aminoácidos que contienen azufre (1,10 g/100 g), treonina (2,01 g/100 g), leucina (1,73 g/100 g) y fenilalanina (1,04 g/100 g). Este contenido elevado y equilibrado de aminoácidos esenciales, junto con una fácil digestibilidad, da a las proteínas de la carne de conejo un alto valor biológico. Además, no contiene ácido úrico y tiene un bajo contenido de purina (Hernández, 2007). La carne es una fuente importante de vitaminas B; con respecto a la vitamina B₁₂, los rumiantes y los conejos son una fuente mucho más rica que otras carnes y el consumo de 100 g de carne de conejo proporciona tres veces la recomendación diaria de esta vitamina (Combes y Dalle Zotte, 2005). Al igual que otras carnes blancas, la de conejo contiene niveles bajos de hierro (1,3 y 1,1 mg/100g para la pata trasera y el lomo, respectivamente; Dalle Zotte, 2004) y zinc (0,55 y 1,1 mg/100g en la canal y pata trasera, respectivamente; Lombardi-Boccia y col., 2005; Hermida y col., 2006).

También se caracteriza por su bajo contenido de sodio (37 y 49,5 mg/100g para el lomo y la pata trasera, respectivamente), lo que la hace particularmente apropiada para las personas con hipertensión. Por el contrario, es bastante rica en fósforo (222 y 234 mg/100g para el lomo y la pata trasera, respectivamente; Dalle Zotte, 2004).

En cuanto a las grasas, los nutricionistas recomiendan no solo limitar su ingesta, sino también consumir ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), especialmente n-3 en lugar de n-6. Las recomendaciones actuales establecen que la proporción n-6: n-3 en dietas humanas debe ser <4.0. La carne de conejo contiene proporciones significativas de PUFA de cadena larga (C20–22), mayores que en otras carnes (0,27–0,33 del ácido graso total); dentro de los PUFA, los ácidos grasos más representativos son, el ácido linoleico (C18: 2 n-6), que deriva directamente de su contenido en la dieta, y representa el 0,22 del total de ácidos grasos y el ácido linolénico (C18: 3 n-3) que representa un total de 0.03 ± 0.015 ácidos grasos (esto se compara con 0.014 en cordero, 0.010 en carne de cerdo y 0.001–0.023 en carne de res (Enser y col., 1996). Tiene niveles bajos de colesterol (47.0 y 61.2 mg/100g, para el lomo y

la pata trasera, respectivamente) respecto las carnes más tradicionales (60, 74 y 81 mg/100g en carne de res, pavo y pollo, respectivamente; Dalle Zotte, 2004).

15. Efecto de la proteína dietética en la calidad de la carne

Las relaciones de PD/ED por debajo de los valores óptimos de 44 - 46 g/Mcal son insuficientes para cubrir los requerimientos diarios de proteínas, y por lo tanto podrían comprometer la tasa de crecimiento porque la acumulación de proteínas musculares es subóptima. Los animales pueden mostrar depósitos de grasa separable bajos debido a retrasos en el desarrollo del tejido o acumulación elevada de lípidos intracelulares causada por altos niveles de energía. La disminución de la tasa de crecimiento obtenida de esta manera parece mejorar la calidad de la carne al limitar el metabolismo glucolítico muscular y produce menos carne magra con mejor capacidad de retención de agua (Xiccato, 1999; Dalle Zotte, 2002).

Los efectos sobre la carcasa y la calidad de la carne cuando la relación PD/ED está por encima del valor óptimo de 44 - 46 g/Mcal no se han establecido con precisión. Algunos autores no han observado variaciones en el rendimiento en vivo o en la calidad de la carcasa y la carne; otros, sin embargo, han observado reducciones significativas en el depósito de grasa separable solo con relaciones muy altas (PD/ED > 50g/Mcal), (Xiccato, 1999; Dalle Zotte, 2002).

En un rango de 44 - 46 g/Mcal de PD/ED, el crecimiento es alto porque la ingesta de proteínas permite la máxima expresión de la síntesis de proteínas musculares. El contenido de agua y nitrógeno de la carne tiende a aumentar a expensas del contenido de grasa. El efecto de las relaciones PD/ED más bajas (48 vs. 52 g/Mcal) en la producción de nitrógeno ha sido demostrado por Maertens y col. (1998). En este rango de relación, siempre que los aminoácidos esenciales (la lisina, los aminoácidos azufrados y la treonina) cubran los requisitos diarios, parece posible disminuir el contenido de proteínas en la dieta sin

comprometer el rendimiento zootécnico o la calidad de la canal y la carne. Trabajando en la nutrición de proteína-aminoácido en conejos, Carabaño y col. (2008) encontraron que los niveles de proteína bruta en alimentos comerciales actualmente superan las recomendaciones, especialmente en las fases finales de crecimiento, sugiriendo adoptar niveles de proteína de 140 g/kg desde el destete hasta el sacrificio. Si la relación PD/ED es de alrededor de 40 g/Mcal y el suministro de aminoácidos es correcto, este nivel no parece afectar el crecimiento. No obstante, los requerimientos proteicos cambian durante el crecimiento. Las dietas bajas en proteínas en el destete temprano pueden, de hecho, causar un bajo rendimiento de sacrificio como consecuencia del menor crecimiento. En contraste, una alta proporción de PD/ED durante el destete temprano y el crecimiento puede aumentar la deposición de grasa de la carcasa y el contenido de lípidos (Xiccato, 1999).

Por este motivo, resulta de interés evaluar el impacto de cambios proteicos en la dieta de los animales, no sólo sobre la *performance* de crecimiento, sino también, sobre los parámetros de calidad de res y carne.

CAPÍTULO II

Hipótesis y Objetivos

Objetivo general

El objetivo del presente trabajo es estudiar el efecto de la reducción de la proteína dietaria, a través de cambios en la cantidad y tipo de proteína suministrada, y del aumento de la digestibilidad mediante el uso de proteasas, sobre la *performance* de crecimiento y la calidad de res y carne en conejos.

Objetivos específicos:

- ♣ Evaluar diferentes estrategias nutricionales que permitan modificar la cantidad y calidad de proteína de la dieta, sin afectar los índices productivos y la calidad de res y de carne.
- ♣ Bajar el porcentaje de proteína de la dieta mejorando su aprovechamiento con la incorporación de proteasas en el alimento balanceado.
- ♣ Probar fuentes alternativas de proteína generando conocimientos sobre su utilización en la cría de conejos, que no hay en nuestro país hasta la actualidad.
- ♣ Evaluar cómo diversas fuentes proteicas y distintos niveles de proteína de la dieta repercuten en el contenido de nitrógeno de las heces.

- ♣ Disminuir los costos del alimento balanceado mediante el uso de fuentes alternativas más económicas o debido al menor contenido proteico incorporado a la dieta.
- ♣ Procesar y analizar la información obtenida con miras hacia la elaboración de un diagnóstico vinculado a la hipótesis del trabajo.
- ♣ Promover la integración y ampliación de los conocimientos vinculados a la producción de conejos para carne.

Hipótesis

La deficiencia de proteína en relación con la energía de la dieta, disminuye los índices de productividad y deteriora la calidad de carcasa y carne por un aumento del contenido lipídico.

La estrategia nutricional de formulación en base a las etapas de crecimiento permitirá disminuir la cantidad de proteína de las dietas, manteniendo el aporte de aminoácidos requeridos, sin afectar los índices productivos y la calidad de carcasa y de la carne de conejo.

El aumento de la digestibilidad de la proteína dietaria a través de la utilización de aditivos enzimáticos reducirá los riesgos de trastornos digestivos y la contaminación ambiental por el menor contenido de nitrógeno excretado.

El uso de fuentes proteicas locales y/o alternativas a las tradicionales permitirá contar con más opciones de formulación dietaria, útiles ante posibles cambios de precios de los concentrados proteicos de uso comercial.

CAPÍTULO III

Materiales y métodos

1. Sistema de Producción: Animales e Instalaciones

Los ensayos se realizaron en la unidad experimental del Curso de Introducción a la Producción Animal, ubicada en el predio perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata (Latitud: -34.9314 Longitud: -57.9489).



Figura 13: Izquierda, exterior del galpón de reproductores. Derecha, Interior del galpón con jaulas polivalentes



Figura 14: Izquierda, exterior del galpón de engorde. Derecha, Interior del galpón con jaulas de engorde individuales

La unidad cuenta con 45 madres cruza (Neozelandés por Californiano) (Figura 15) en producción, 15 machos reproductores cruza (Neozelandés por Californiano), hembras para la reposición y el plantel de engorde. Los conejos se encuentran en secciones según su estado productivo en jaulas adecuadas a su condición (60 jaulas tipo Extrona de 80 cm de largo por 40 cm de ancho con una altura de 32 cm, destinadas a las hembras y machos reproductores (Figura 13) y 160 jaulas individuales de 40 cm de largo por 25 cm de ancho con una altura de 30 cm destinadas a los animales en engorde (Figura 14)) y fosas con piso de tierra para la recolección de heces. Las hembras para la reposición del plantel permanecen en las jaulas de engorde hasta el diagnóstico de gestación positiva, momento en cual pasan a las jaulas de reproducción. Los comederos son individuales, tipo tolva, con capacidad para 2 kg de balanceado y los bebederos de tipo chupetes automáticos (Figura 16).



Figura 15: Izquierda, raza Neozelandesa.
Derecha raza Californiana



Figura 16: Comederos tipo tolva y bebederos con chupetes automáticos

El sistema de explotación corresponde a una producción intensiva, bajo galpón, con ventilación por cortinas laterales y apertura cenital (Figura 17). El primer servicio de las hembras se realiza cuando estas alcanzan su madurez sexual alrededor de los 100 días de edad y entre los 2,7 a 3,0 Kg de peso vivo. Una vez iniciadas en producción, las hembras se sirven mediante monta natural al cuarto día pos parto. Luego de un periodo de gestación de 31 ± 2 días, los gazapos nacen con un peso aproximado de 50 g y son destetados a los 28 días de edad con un peso promedio de 500 g. y llegan al peso de faena ($2,300 \text{ Kg} \pm 100 \text{ g}$) en 85 días de edad (± 10 días), dependiendo de la época del año.



Figura 17: Izquierda, galpón con apertura cenital. Derecha, Cortinas laterales para la ventilación.

Para los ensayos se utilizaron 384 conejos de camadas homogéneas en peso al destete de ambos sexos (cruzas de raza Neozelandesa x Californiana), destetados a los 28 días de edad (Figura 18). Al momento del destete, los gazapos fueron tatuados con un número identificador, sexados, pesados y luego alojados en las jaulas individuales. Los gazapos recién destetados, previo al inicio de cada uno los ensayos, recibieron un tratamiento preventivo para la coccidiosis por medio de aplicaciones vía parenteral (subcutánea) con sulfametazina sódica en una dosis de 0,5 ml/Kg de peso vivo. El acostumbramiento dietario se realizó durante 7 días, cambiando en forma gradual la alimentación, pasando del alimento de crianza (alimento disponible en la jaula de la madre) al alimento que se utilizó

durante los ensayos (30-70, 30-70, 50-50, 50-50, 70-30, 70-30 y 90-10% del alimento experimental y de crianza respectivamente).



Figura 18: Izquierda, madres. Derecha, gazapos en edad de destete

Los pesos vivos y consumos individuales de los conejos se registraron semanalmente utilizando una balanza con una sensibilidad de 5 g (Figura 19), con el fin de controlar el normal ritmo de crecimiento, el estado sanitario de los animales y la manifestación de disturbios entéricos.



Figura 19: Registro del peso vivo de los animales

2. Protocolo de evaluación de Digestibilidad

Para el ensayo de digestibilidad *in vivo* de las dietas, se utilizaron 10 animales por tratamiento, de 49 a 56 días de edad, siguiendo la metodología propuesta por Perez y col. (1996) usando jaulas provistas de colectores individuales de heces. Se procedió al pesado de los animales y llenado del comedero al inicio del tratamiento y al finalizarlo, para conocer la cantidad exacta de alimento consumido, sin agregado de alimento durante el periodo de tiempo de la evaluación (5 días). A estos animales se les suministró el alimento *ad libitum*, para que el consumo no este limitado. Se elaboró un *pool* de muestra de cada una de las dietas para su posterior análisis (determinación de composición centesimal: FDA; FDN, lignina, FB, PB, EE, cenizas, según AOAC (1996).



Figura 20: muestra de heces para digestibilidad

A través de un sistema de bandejas recolectoras con separación de orina para evitar el mezclado con las mismas, se recolectaron las heces diariamente durante los 5 días de duración de la prueba, permaneciendo en el freezer (-18°C) para su posterior evaluación.

Concluido el periodo de recolección se determinó el peso vivo de los animales en estudio, el residual de alimento en comedero y la producción total de materia seca excretada (determinación de MS % secado a 65°C) y se formaron 4 *pool*es de muestra de heces correspondientes a cada uno de los tratamientos para el análisis de fibra detergente ácido (FDA) y fibra detergente neutro (FDN) siguiendo la técnica recomendada por Van Soest

(1991) modificada por Komarek (1994), utilizando un equipo analizador de fibra marca Ankom modelo 200. Por otra parte se determinó el contenido de nitrógeno total por el método de Kjeldahl-N, según AOAC (1995). A este valor se lo multiplicó por 6,25 para obtener el contenido de proteína bruta (PB). De la misma manera se procedió con las muestras del alimento (*pooles* del alimento suministrado) para la realización de dichos análisis.

3. Variables productivas

Durante la etapa de engorde, a partir de los pesos individuales registrados semanalmente y el consumo diario de alimento, se calculó el aumento diario de peso vivo (ADPV, g/d) por diferencia de peso entre registros, dividido el número de días, y el índice de conversión alimenticia (ICA), calculado a partir del consumo de alimento fresco total en la etapa de engorde (expresado en kg) dividido los kg de peso vivo que aumentaron los animales en dicha etapa.

Los animales fueron faenados a edad fija (variable para cada ensayo), siguiendo las recomendaciones propuestas por Blasco y Ouhayoun (1996).

4. Determinaciones a faena

Las determinaciones y taras de faena se registraron en forma individual:

- Peso de la carcasa caliente (30' post-mortem), (Figura 23)
- Peso de sangre (g), (Figura 21)
- Peso de piel y zampas (g) (Figura 21)
- Vísceras llenas (g) (Figura 22)
- Peso del ciego lleno y vacío (g) (Figura 22)
- Peso estómago lleno y vacío (g) (Figura 22)



Figura 21: Izquierda, peso de sangre. Derecha, peso de piel y zampas



Figura 22: Izquierda, Aparato digestivo completo. Derecha Arriba, estómago. Derecha abajo, ciego



Figura 23: Carcasa caliente
(30' post-mortem)

Asimismo, se midió el valor de pH del contenido del ciego (Figura 24 y 25) utilizando un peachímetro digital (Silver Cap pH 5045-3B) equipado con electrodo de punción y termo sonda calibrado con soluciones buffer a pH 4 y 7 y se recolectó material cecal para posterior

análisis de ácidos grasos volátiles (AGV), acético (C2), propiónico (C3) y butírico (C4 y C4 iso) y nitrógeno amoniacal (N-NH₄). Dichas muestras fueron purificadas con ácido ortofosfórico 25% en ácido sulfúrico 0,5M a razón de 0,5ml cada 2 ml de muestra y centrifugadas por 10 minutos a 5000 g según Friggens y col. (1998). Se utilizó un cromatógrafo gaseoso Konik 5000B con automuestreador Robokrom GC, con columna capilar Nukol de 30m y 0,32mm i.d. Patrón de referencia Sigma Cat. Nro. 46975-U.



Figura 24: determinación de pH en ciego



Figura 25: determinación de pH en ciego



Figura 26: Carcasas refrigeradas

Las carcasas se llevaron a cámara (ventilación forzada, $4 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$) por 24 hs y se pesaron inmediatamente para obtener el peso de la carcasa fría (CF). Se determinó el porcentaje de las pérdidas por oreo haciendo la diferencia entre el peso de la carcasa caliente (CC) (30' post-mortem) y el peso de la CF (Figura 26) dividido el peso de CC, multiplicado por 100.

Sobre las carcasas refrigeradas se determinó la incidencia de las taras de despulpe:

- Cabeza (g),
- Hígado (g)
- Complejo respiratorio+corazón+tráquea (g)
- Riñones (g)

Se calculó el rendimiento de res en frío (η_{CF}), el peso de la carcasa de referencia [$\text{CR} = (\text{CF} - \text{taras}) / \text{CF}$], el peso de la grasa separable total (interescapular, visceral (Figura 27) y otras grasas), el peso del lomo y muslo derecho e izquierdo y finalmente se calculó la relación carne/hueso del muslo.



Figura 27: Grasa visceral, riñones e hígado

5. Características cualitativas de la carne

Sobre muslo y lomo (derecho e izquierdo) se midió:

- pH (pH-metro Hanna con electrodo de punción Ingold 406 M3),
- Color: los índices de color determinados fueron: L* (luminosidad), a* (índice del rojo) y b* (índice del amarillo) y cálculo del croma $C = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$ con colorímetro Minolta (CR300) (CIELAB, 1976).
- Pérdidas por cocción: baño de María 50 minutos a 70 °C (Ouhayoun y Dalle Zotte, 1996).
- Dureza: sobre muestras de 1,25 cm de diámetro obtenidas mediante cizalla Warner-Bratzler montado sobre tenerímetro (Instron 1140), según las recomendaciones de Ouhayoun y Dalle Zotte (1996).

6. Determinaciones analíticas

Las muestras de carne fueron procesadas y analizadas en el Laboratorio de Carnes de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires.

Las muestras de carne del muslo secas y molidas se analizaron químicamente para determinar el contenido de humedad residual y lípidos (Soxhlet) (AOAC, 1984).

Además, sobre muestras de lomo y muslo derechos se determinó la oxidación lipídica (índice del ácido tiobarbitúrico-TBAR's, Gray y Pearson, 1987; Melton 1983; Robards y col., 1988) y el perfil de ácidos grasos (cromatografía gaseosa, Schimatzu 14B, columna Restek SP2650, carrier helio).

El análisis químico de los alimentos, obtenidos por muestreo al azar a lo largo del periodo de ensayo y de las heces recolectadas en las bandejas de digestibilidad, se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de La Plata y en el Laboratorio de Fitoquímica de la Facultad de Ciencias Agrarias

Y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata. Para la determinación de fibra detergente ácido (FDA) y fibra detergente neutro (FDN) se siguió la técnica recomendada de Van Soest (1991) modificada por Komarek (1994), utilizando un equipo analizador de fibra marca Ankom modelo 200. Se utilizó α -amilasa termoestable (Sigma A3306) y sulfito de sodio para la FDN. Se determinó el contenido de nitrógeno total por el método de Kjeldahl-N, según AOAC (1995). A este valor se lo multiplicó por 6,25 para obtener el contenido de proteína bruta (PB).

Los ensayos fueron aprobados por el Comité Interdisciplinario para el Cuidado y uso de Animales de Laboratorio (CICUAL) de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de La Plata, según el protocolo 22212.

Los resultados productivos y de calidad de carcasa se analizaron de acuerdo a un diseño en bloques completos aleatorizados (Tratamiento = 4, Bloque (Faena) = 2) por ANOVA utilizando un procedimiento para modelos mixtos (Animal como factor aleatorio). Para aquellas variables que se medirán en el tiempo (evolución del peso vivo, etc.) se aplicó un procedimiento de análisis para medidas repetidas. Las diferencias se informaron cuando $\alpha \leq 0.05$. Los parámetros de calidad físico química y sensorial, se analizaron por medio del modelo de Medidas Repetidas por ANVA. Las diferencias se informaron cuando $\alpha \leq 0.05$.

CAPÍTULO IV

*Efecto de la fuente y nivel proteico en dietas
de engorde para conejos*

IV-I: Harina de pluma hidrolizada

Introducción

La demanda de fuentes proteicas de calidad aumenta en forma continua, lo que puede producir un aumento en la competencia entre los seres humanos y los animales por las fuentes de aminoácidos esenciales (Divakala, 2008). Las fuentes de proteína alternativa (aptas para la alimentación animal y que no son utilizadas para el consumo humano) pueden ser de origen vegetal o animal; difieren en su valor alimenticio debido a variaciones en su contenido de nutrientes y palatabilidad. Por otra parte, la disponibilidad, la viabilidad económica y las implicaciones ambientales de su obtención entre otros factores, también deben ser consideradas al momento de elegir un alimento alternativo apropiado para la alimentación animal.

En los balanceados comerciales de conejos la fuente proteica de origen animal es principalmente la harina de carne. La industria de transformación de desperdicios animales, animales muertos y decomisos realiza una función de reciclado de recursos que es importante en sus aspectos económico, sanitario y de protección del medio ambiente. En este sentido, una de las fuentes de proteína de origen animal posible de ser utilizada en la alimentación del conejo y de monogástricos en general, es la harina de carne (Tabla 4). Este subproducto se obtiene por calentamiento, molturación y desecación de animales terrestres de sangre caliente y subproductos de matadero, salas de despiece y supermercados, en los que la grasa ha sido parcialmente extraída o eliminada por medios físicos. Debe estar

prácticamente exento de pelos, plumas, cerdas, cueros, cascotes y contenidos digestivos, aunque incluye en mayor o menor medida vísceras, huesos, sangre, cabezas y tejidos magros y grasa. Las harinas de carne son buenas fuentes proteicas y de aminoácidos esenciales con una adecuada relación calidad/precio (contenido mínimo de proteína bruta 50% en materia seca) (FEDNA, 2017).

Tabla 4: Composición de la harina de carne (INRA 2004)

Composición elemental		Ácidos grasos		
	Media		% AG	g/Kg
Materia seca (%)	96,3	Ácido láurico C12:0	0,2	0,2
Proteína bruta (%)	51,3	Ácido mirístico C14:0	2,7	2,3
Materias grasas brutas (%)	10,6	Ácido palmítico C16:0	27,5	22,7
Materias grasas «hidrólisis» (%)	11,8	Ácido palmitoleico C16:1	3,7	3,1
Cenizas brutas (%)	30,5	Ácido esteárico C18:0	19,2	15,8
Cenizas insolubles (%)	0,4	Ácido oleico C18:1	40,7	33,5
Energía bruta (Kcal/Kg)	3960	Ácido linoleico C18:2	0,9	0,7
		Ácido araquidónico C20:4	1,5	1,2
		AG totales/materias grasas (%)	70	
Aminoácidos totales (g/Kg)				
LYS	25,7	TYR	11,2	
THR	17	PHE+TYR	28,5	
MET	6,5	HIS	10,1	
CYS	5,5	ARG	36,1	
MET+CYS	12	ALA	39,3	
TRP	3,1	ASP	37,7	
ILE	14,7	GLU	60,2	
VAL	22,5	GLY	66,6	
LEU	30,6	SER	20,6	
PHE	17,3	PRO	41,4	

Minerales		Vitaminas	
	Media		Media
Calcio (g/kg)	101,9	Vitamina E (mg/kg)	1,3
Fosforo (g/kg)	49	Vitamina B1-tiamina (mg/kg)	0,52
Magnesio (g/kg)	2,2	Vitamina B2-riboflavina (mg/kg)	5
Potasio (g/kg)	4,4	Vitamina B6-piridoxina (mg/kg)	5
Sodio (g/kg)	7,3	Vitamina B12 (µg/kg)	123
Cloro (g/kg)	6,6	Niacina (mg/kg)	54
Azufre (g/kg)	8,9	Ácido pantoténico (mg/kg)	5
Balance electrolítico (mEq/kg)	245	Ácido fólico (mg/kg)	0,52
Manganeso (mg/kg)	25	Biotina (mg/kg)	0,11
Zinc (mg/kg)	110	Colina (mg/kg)	2093
Cobre (mg/kg)	20		
Hierro (mg/Kg)	586		
Selenio (mg/Kg)	0,43		
Cobalto (mg/Kg)	1,3		
Molibdeno (mg/Kg)	1		
Iodo (mg/Kg)	1,2		

Una fuente proteica alternativa para la ganadería y de uso potencial en cunicultura es la harina de plumas hidrolizada (HPI), debido a su alto contenido de proteína y la bio-disponibilidad de las mismas.

Las plumas de las aves de corral representan aproximadamente el 5 al 7% de su peso corporal. Tienen un alto contenido de nitrógeno (15% de su composición), siendo la proteína principal de la pluma la queratina (90% de su peso) (Harrap y Woods, 1964; Gonzalez Pérez, 2009).

Sobre la base de las estimaciones del área Avícola del Ministerio de Agroindustrias, a partir de datos del SENASA, en el año 2017 la faena nacional de aves en establecimientos habilitados (SENASA) alcanzó las 722.119.000 de cabezas, significando un 56% de aumento en la última década (2007-2017) (Secretaría de Agroindustria, 2018).

Según Velázquez (1994), las plumas representan el 18,5% de los residuos obtenidos de la faena de aves de corral.

Aunque las plumas contienen más de 80% de proteína, éstas son de bajo valor nutritivo debido a la incapacidad de la mayoría de las especies animales para digerir la queratina (Naber y Morgan, 1956), por carecer de una enzima hidrolizante llamada queratinasa, capaz de romper los enlaces disulfuro de la queratina; por lo tanto, las plumas se someten a hidrólisis externa para mejorar su valor nutritivo (Latshaw, 1990). Cuando el procesamiento de las plumas implica la hidrólisis, desecación y molienda, el producto final se denomina harina de plumas hidrolizada.

Luego de la hidrólisis, la harina de plumas se convierte en un alimento de alto valor nutritivo, principalmente a nivel proteico ya que contiene entre 80 a 90% de proteína bruta (PB) (Szu y col, 2004) de alta disponibilidad (digestibilidad: 75-80% PB) y aporta además cantidades significativas de hierro, manganeso y zinc (Tabla 3), no tiene factores anti-nutricionales y no existen riesgos de transmisión de enfermedades (Ayanwale, 2006).

Tabla 3: Composición de la harina de pluma hidrolizada (INRA 2004)

Composición elemental	Ácidos grasos			
	Media		% AG	g/Kg
Materia seca (%)	92,1	Ácido mirístico C14:0	2,0	0,9
Proteína bruta (%)	79,0	Acido palmítico C16:0	34,8	15,2
Materias grasas brutas (%)	6,8	Ácido palmitoleico C16:1	6,2	2,7
Materias grasas «hidrólisis» (%)	8,8	Acido esteárico C18:0	13,8	6,1
Cenizas brutas (%)	-	Ácido oleico C18:1	39,9	17,5
Cenizas insolubles (%)	0,3	Ácido linoleico C18:2	3,3	1,5
Energía bruta (Kcal/Kg)	5200	AG totales/materias grasas (%)	50	-

Aminoácidos totales (g/Kg)			
LYS	18,2	TYR	22,1
THR	39,5	PHE+TYR	63,1
MET	5,9	HIS	7,3
CYS	37,5	ARG	57,1
MET+CYS	43,2	ALA	40,1
TRP	5,3	ASP	57,3
ILE	41,5	GLU	92,1
VAL	61,5	GLY	62,7
LEU	68,1	SER	96,2
PHE	40,6	PRO	80,9

Minerales		Vitaminas	
	Media		Media
Calcio (g/kg)	12,2	Vitamina E (mg/kg)	7
Fosforo (g/kg)	8,0	Vitamina B1-tiamina (mg/kg)	0,10
Magnesio (g/kg)	0,8	Vitamina B2-riboflavina (mg/kg)	2
Potasio (g/kg)	1,2	Vitamina B6-piridoxina (mg/kg)	3
Sodio (g/kg)	1,2	Vitamina B12 (µg/kg)	80
Cloro (g/kg)	1,9	Niacina (mg/kg)	21
Azufre (g/kg)	16,6	Ácido pantoténico (mg/kg)	9
Balance electrolítico (mEq/kg)	28	Ácido fólico (mg/kg)	0,21
Manganeso (mg/kg)	15	Biotina (mg/kg)	0,08
Zinc (mg/kg)	130	Colina (mg/kg)	885
Cobre (mg/kg)	9		
Hierro (mg/Kg)	575		
Selenio (mg/Kg)	0,70		
Molibdeno (mg/Kg)	0,90		
Iodo (mg/Kg)	0,55		

Como otros ingredientes utilizados en alimentación animal, la harina de pluma también tiene limitaciones para su uso como un componente de los balanceados, especialmente en las dietas para no rumiantes. La harina de pluma tiene un bajo contenido de algunos aminoácidos (AA) indispensable tales como lisina (Lys), metionina (Met), histidina (His) y

triptófano (Trp) (Moran y col., 1966; Wessels, 1972; Luong y Payne, 1977; Liu y col., 1989, Chor y col., 2013). Por otra parte, las dietas con elevados contenidos de harina de pluma hidrolizada podrían resultar de baja palatabilidad. Según Adejumo y Onifade (2005), los conejos alimentados con dietas con un 14 y 18% de harina de pluma deprimieron su consumo y obtuvieron menores ganancias diarias de peso en comparación con los animales testigos (dieta con 10% de harina de pluma).

A partir de un ensayo realizado en cerdos en crecimiento, van Heugten y van Kempen (2002), demostraron que, si bien el aumento de peso vivo, la ingesta de alimento y la ganancia diaria de grasa fueron significativamente menores en cerdos alimentados con 10% de harina de pluma hidrolizada, las dietas con un 4% de incorporación de esta fuente proteica, no mostraron efectos negativos arrojando valores similares a la dieta testigo (0%).

Varios autores coinciden en que la harina de plumas hidrolizada se puede incluir en dietas para cerdos en la categoría de terminación, sin afectar la performance productiva hasta un límite de 6 - 8%, ajustando el aporte de lisina a los requerimientos de dicha categoría; en raciones para animales jóvenes se recomienda una inclusión menor (Chiba y col., 1995; Brown y col., 2000; Apple y col., 2003). Los efectos negativos de la inclusión de niveles elevados de harina de pluma se refieren a una disminución del consumo y de la ganancia de peso, con un deterioro de la eficiencia de conversión del alimento (Fialho y col., 1982; Szu et al., 2004; Van Heugten y Van Kempen, 2002; Apple y col., 2003). En un ensayo realizado por Bauza y col. (2007) en cerdos se demuestra que el hidrolizado realizado para el tratamiento de las plumas con hidróxido de sodio, da origen a un producto voluminoso, de baja palatabilidad y cantidades crecientes de excreción de N en heces, con el aumento de niveles de inclusión de harina de pluma en la dieta (11 y 7% de inclusión).

La contaminación ambiental originada por la producción animal, se debe principalmente al nitrógeno y fósforo excretado con las heces; esta contaminación se ha convertido en un problema importante en los sistemas de producción intensiva. La reducción de las excreciones está directamente relacionada con la calidad y cantidad de alimento

suministrado. La mejora en la eficiencia de utilización del nitrógeno de la dieta, puede obtenerse haciendo coincidir la composición de aminoácidos del alimento con los requerimientos específicos por parte del animal según su etapa fisiológica de crecimiento y producción. La bio-disponibilidad de los aminoácidos sintéticos comerciales (AA) adicionados a los alimentos permite el uso de dietas bajas en proteínas suplementadas con ellos. Metabólicamente, el exceso de proteína en la dieta es utilizado por los animales para fines energéticos con excreción del nitrógeno, provocando un impacto negativo en el medio ambiente (Maertens y col., 1997).

En un estudio realizado por Maertens y col. (1997) en conejos de 32 días de edad, alimentados *ad libitum* con dietas de diferente nivel proteico (exceso a déficit: 170 a 135 g/kg) durante 6 semanas, se observó una interacción significativa ($P < 0,001$) entre el tipo de dieta y el aumento de peso semanal. Un nivel de proteína por debajo de 157 g determinó una tasa de crecimiento y consumo de alimento significativamente menor durante las primeras tres semanas después del destete. Sin embargo, durante el periodo de terminación (últimas 2 semanas) el aumento de peso en dietas bajas en proteínas (<151 g kg) superó ($P < 0.05$) al de las dietas altas en proteínas. La excreción de N se redujo en un 38% en la dieta baja en proteína en comparación con los conejos alimentados con dieta alta en proteína. El rendimiento a faena no varió con el tratamiento dietario pero la composición de la carcasa mostró un aumento significativo en el contenido de grasa a medida que disminuyó el contenido de proteína de la dieta, demostrando un menor crecimiento y mayor engorde de los animales con déficit proteico en las primeras etapas de crecimiento (Maertens y col., 1997).

En un trabajo realizado por Chamorro y col. (2005), se evaluó el efecto del nivel de proteína de la dieta (18,9% vs. 16,2%) sobre parámetros digestivos, productivos y mortalidad, en gazapos destetados a los 25 días. A partir de este ensayo pudieron observar que al reducir el nivel de proteína de la dieta, se incrementó la digestibilidad fecal aparente de la misma (81,3% vs. 83,5%). Los animales alimentados con mayor porcentaje de proteína tuvieron, en

la primera etapa del engorde, un mejor índice de conversión alimenticia, pero en el periodo global, los indicadores productivos fueron similares para todas las dietas. No obstante, se observó un menor porcentaje de mortalidad en las dietas con menor contenido proteico, asociado a un menor flujo ileal de proteína (20%), relacionado con la presencia de poblaciones de bacterias proteolíticas en ileon que mostraron cambios con el contenido proteico de la dieta.

Hoy en día, se considera necesario ajustar el aporte de proteína a los requerimientos de los animales según su etapa fisiológica, no solo para mejorar la salud intestinal (evitar patologías asociadas a la fermentación del exceso proteico), sino también para disminuir los riesgos de contaminación ambiental por el nitrógeno excretado y para bajar el costo del alimento balanceado, en el cual los concentrados proteicos tienen el mayor peso relativo. Por este motivo es importante la búsqueda de ingredientes alternativos y/o de disponibilidad local que puedan mejorar la eficiencia productiva y disminuir los costos.

Los costos de alimentación en la producción animal representan entre el 60 y 75% (Ensminger y Olentine, 1978, Núñez-Torres, 2017), siendo la proteína animal el nutriente de más alto precio; de allí la importancia de obtener insumos proteicos de origen animal y económicos como los subproductos industriales (Aliaga, 1979 y Bustamante, 1993).

La harina de pluma hidrolizada, podría presentarse como una opción alimentaria de proteínas alternativas de bajo costo y disponibilidad local para mejorar la rentabilidad en el engorde de conejos para carne.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la fuente proteica (Hc= harina de carne y Hpl= harina de pluma hidrolizada) y el nivel proteico de la dieta (170g/kg PB y 140g/kg PB) sobre los parámetros productivos, la digestibilidad de los nutrientes y las características de la canal y cualitativa de la carne de conejos en engorde.

Materiales y métodos

Se realizó un diseño experimental completamente al azar, con un arreglo factorial 2 x 2 en el cual se utilizaron dos fuentes proteicas de origen animal (harina de carne como control y harina de plumas hidrolizadas como fuente alternativa, en reemplazo de la harina de carne), con dos niveles de proteína bruta (en base a los requerimientos establecidos por Lebas, 1980, para los conejos en la etapa de engorde): 17% como control y 14 % como alternativa, debido al menor requerimiento proteico en terminación (Tabla 5). Todas las dietas fueron formuladas con 2500 Kcal ED/Kg (Tabla 6). El alimento fue suministrado *ad-libitum*.

Los datos fueron analizados estadísticamente utilizando el programa GLM (SAS 2004) para modelos variables cuyos factores principales fueron fuente y nivel proteico. Las diferencias entre tratamientos se analizaron a través de la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Fórmula: $Y_{ij} = \mu + N_i + F_j + I_{N \times F} + \varepsilon_{ij}$

Dónde:

Y = variable respuesta

μ = Media de la población

N_i = efecto debido al nivel proteico

F_j = efecto debido a la fuente proteica

$I_{N \times F}$ = Interacción entre el nivel y la fuente proteicos

ε_{ij} = error asociado

Tabla 5: Formulación y composición química de las dietas experimentales

	D1 (Hc17)	D2 (Hpl17)	D3 (Hc14)	D4 (Hpl14)
Ingredientes principales (%)				
Harina de carne	3	0	3	0
Harina de pluma hidrolizada	0	3	0	3
Alfalfa	26	26	22	22
Expeler de soja	5	5	0	0
Afrechillo de trigo	53	53	61	61
Maíz molido	10	10	9	9
Composición química (%MS)				
Materia seca	90,3	90,3	90,7	90,6
Proteína bruta	17,3	17,3	14,4	14,1
Almidón	19,9	21,0	18,6	21,0
Fibra detergente ácido	16,6	20,2	16,4	15,0
Fibra detergente neutro	40,6	43,5	43,3	43,7
Lignina detergente ácido	8,2	7,7	5,5	10,1
Cenizas	7,5	6,9	9,9	10,0
Extracto etéreo	1,9	2,6	2,3	2,4

El porcentaje restante en todas las dietas está compuesto por: conchilla, cloruro de sodio, núcleo vitamínico-mineral, aminoácidos esenciales, saborizante y coccidiostático (GEPESA, SA.)

Tabla 6: Valor nutritivo de las dietas experimentales

	D1 (Hc17)	D2 (Hpl17)	D3 (Hc14)	D4 (Hpl14)
ED (kcal/kg MS)	2754	2621	2694	2619
PD (%MS)	71,9	71,7	72,2	72,2
PD/ED (g/Mcal)	44,0	46,2	37,4	37,7

ED= Energía digestible. PD= Proteína digestible

Resultados

La tabla 7 muestra el efecto de las dietas sobre el peso de los conejos desde destete a faena. Si bien se observaron diferencias significativas en el peso de los animales a los 61 y 68 días de edad, siendo mayores los pesos de los conejos alimentados con 17% de PB, estas diferencias no se mantuvieron hasta el momento de la faena (75 días de edad), siendo el peso final promedio para todos los grupos de 2251 kg.

En cuanto al factor fuente proteica, no se observaron diferencias significativas a lo largo de la etapa de engorde y tampoco se observaron interacciones entre las fuentes proteicas (harina de pluma y carne) y los niveles proteicos (14 y 17% PB).

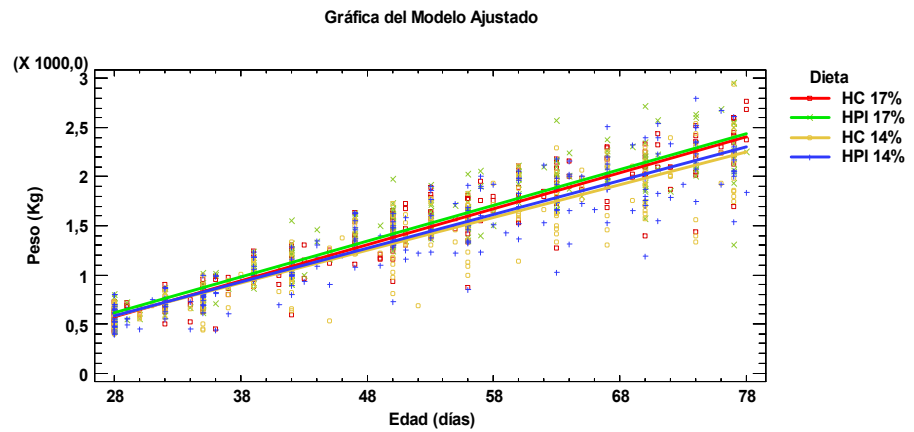
Tabla 7: Efecto de la dieta (fuente y nivel proteico) en el peso vivo de los animales desde el destete al sacrificio.

Parámetro	Fuente (F)		Nivel (N)		Probabilidad			Error
	Hc	Hpl	17	14	F	N	FxN	
Peso destete (g)	583	561	568	576	0,2311	0,6504	0,8303	13
Peso 33 días (g)	747	734	746	736	0,4917	0,6175	0,8812	13
Peso 40 días (g)	1040	1044	1049	1036	0,8481	0,5741	0,7626	15
Peso 48 días (g)	1372	1389	1394	1367	0,5870	0,3873	0,5345	21
Peso 54 días (g)	1561	1545	1582	1524	0,5995	0,0726	0,9495	22
Peso 61 días (g)	1861	1865	1900	1826	0,9224	0,0384	0,8306	25
Peso 68 días (g)	2037	2025	2080	1981	0,7532	0,0079	0,6502	26
Peso Final (75 d)	2252	2251	2287	2215	0,9748	0,1125	0,3279	31

F HC = fuente proteica harina de carne. F Hpl = fuente proteica harina de pluma hidroliza. N 17 = 17% de PB. N 14 = 14% de PB

A partir del análisis de comparación de las rectas de regresión de los pesos de los conejos según la edad, para las dietas ensayadas durante el periodo transcurrido desde el destete hasta la faena, se pudo observar diferencias significativas entre las pendientes de las cuatro dietas ($P= 0,0101$) (Figura 28). No obstante, el peso final (75 días), no mostró diferencias estadísticamente significativas para ninguno de los dos factores, fuente y nivel proteico (Figura 29).

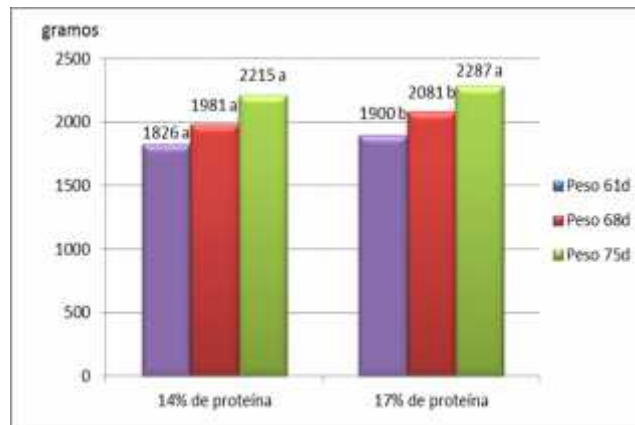
Figura 28: Comparación de rectas de regresión del peso vivo de los conejos en el periodo de engorde



R-Cuadrada= 87,4%

HC 17% = harina de carne con 17% de PB. HPI 17% = harina de pluma hidrolizada con 17% de PB. HC 14% = harina de carne con 14% de PB. HPI 14% = harina de pluma hidrolizada con 14% de PB.

Figura 29: Valores de medias para las variables peso vivo a los 61, 68 y 75 días



(a y b) indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). Peso a los 61 días, $p = 0,0384$. Peso a los 68 días, $p = 0,0079$. Peso a los 75 días, $p = 0,1125$.

Respecto a la ganancia diaria de peso, solo se observaron diferencias significativas a favor de los animales alimentados con 17%PB en la tercer semana del engorde (44 a 52 días de edad, $p < 0.05$), en la quinta semana, esta diferencia fue menos significativa ($p < 0,10$) (Tabla 8). Los valores medios se pueden observar en el Figura 30. En cuanto a la fuente proteica, no hubo efecto significativo para ningún valor de las ganancias diarias de peso. Solo se observó una interacción de los dos factores en la última semana del engorde, sin importancia práctica, dado que no hubo diferencias entre las medias obtenidas según 'fuente' y 'nivel'.

Tabla 8: Efecto de la dieta en la ganancia diaria de peso durante la etapa de engorde

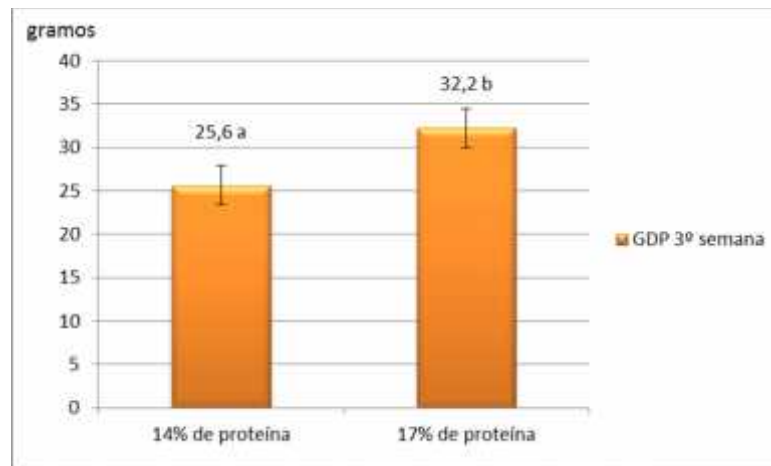
Parámetro	Fuente (F)		Nivel (N)		Probabilidad			Error
	Hc	Hpl	17	14	F	N	FxN	
ADPV total	35,4	36,1	36,3	35,2	0,5056	0,2405	0,1868	0,65
GD 1º semana	49,2	44,3	44,1	43,1	0,4707	0,6418	0,5744	1,4
GD 2º semana	40,9	43,6	43,0	41,5	0,1920	0,4462	0,2316	1,4
GD 3º semana	31,0	26,9	32,2	25,6	0,1978	0,0388	0,7952	2,3
GD 4º semana	45,0	46,0	45,5	45,3	0,7150	0,9351	0,2825	1,9
GD 5º semana	24,8	24,7	26,6	23,0	0,9491	0,0838	0,6227	1,4
GD 6º semana	33,8	32,3	33,5	32,7	0,4981	0,7292	0,0024	1,6

F HC = fuente proteica harina de carne. F Hpl = fuente proteica harina de pluma hidroliza. N 17 = 17% de PB. N 14 = 14% de PB. ADPV = aumento diario de peso vivo. GD = ganancia diaria

Como se observa en la Tabla 8, si bien hubo un aceleramiento en el crecimiento durante la tercera semana de engorde a favor de los animales alimentados con 17% de proteína, este incremento diferencial (aproximadamente 50 g) no tuvo impacto en el peso final (2287 g). Asimismo, se observa que la diferencia entre las menores ganancias diarias del grupo alimentado con el 17% de proteína y las mayores ganancias diarias del grupo alimentado con el 14% de proteína no superan los 20 g. La variabilidad observada dentro de los grupos

evaluados y la multiplicidad de factores que la provocan reducen el impacto de este incremento.

Figura 30: Valores de medias para la variable ganancia diaria de peso en la tercer semana de engorde.



GDP= ganancia diaria de peso. (a y b) indican diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,0388$).

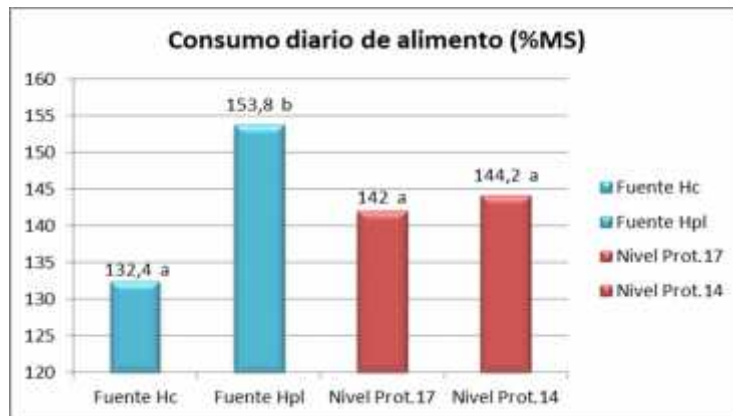
En cuanto al consumo diario de materia seca, se observaron diferencias significativas ($p = 0,0096$) para el factor 'fuente proteica', registrando un mayor consumo en aquellos animales alimentados con harina de pluma hidrolizada (Tabla 9), no habiéndose manifestado ningún efecto del 'nivel proteico' en el consumo. Para el índice de conversión alimenticia en cambio, las diferencias significativas se debieron al factor 'nivel proteico', logrando un valor inferior en aquellas dietas que contenían un mayor porcentaje de proteína bruta; no se observaron diferencias significativas debido a la fuente proteica. Ni el consumo de alimento, ni el índice de conversión alimenticia mostraron interacción entre fuente y nivel proteico. Los valores medios se pueden observar en las Figuras 31 y 32.

Tabla 9: Efecto de la dieta en el consumo de alimento (gramos/día) e índice de conversión alimenticia (%MS)

Parámetro	Fuente (F)		Nivel (N)		Probabilidad			Error
	Hc	Hpl	17	14	F	N	FxN	
CD (%MS)	132,4	153,8	142,0	144,2	0,0096	0,7836	0,6452	5,5
ICA	3,8	4,2	3,7	4,4	0,0659	0,0004	0,1609	0,13

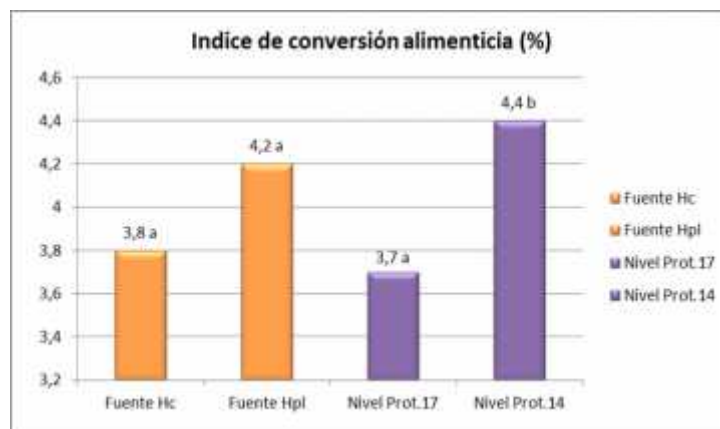
F HC = fuente proteica harina de carne. F Hpl = fuente proteica harina de pluma hidroliza. N 17 = 17% de PB
 N 14 = 14% de PB. CD = consumo diario de alimento en % de materia seca expresado en gramos por día. ICA = índice de conversión alimenticia en % de materia seca

Figura 31: Efecto de la fuente y el nivel proteico en el consumo diario de alimento



(a y b) indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). HC = harina de carne. Hpl = harina de pluma hidrolizada. Prot 17 = 17% de proteína bruta. Prot 14 = 14% de proteína bruta. Para la fuente proteica $p = 0,0096$. Para el nivel proteico $p = 0,7836$.

Figura 32: Efecto de la fuente y el nivel proteico en el índice de conversión alimenticia



(a y b) indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). HC = harina de carne. Hpl = harina de pluma hidrolizada. Prot 17 = 17% de proteína bruta. Prot 14 = 14% de proteína bruta. Para la fuente proteica $p = 0,0659$. Para el nivel proteico $p = 0,0004$.

Los resultados obtenidos del análisis de la digestibilidad *in vivo* de la fibra y proteína de la dieta durante la etapa de engorde (entre los 49 y 56 días de edad) se muestran en la Tabla 10. Se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en la digestibilidad total de la materia seca (MS), de la fibra en detergente ácido (DFA) y de la proteína bruta (PB) para el nivel proteico, dando como resultado valores superiores de digestibilidad en las dietas con 17% de proteína (Figura 33). Estas diferencias en la digestibilidad de la PB no se correspondieron con una menor cantidad de proteína en heces, siendo las dietas de 14% las de menor valor ($p = 0,0004$).

En cuanto al contenido de N de las heces, se pudo observar que para las dietas con diferente nivel proteico (17 y 14% PB), el mismo representó un 2,6 y 2,3 % de la PB total del alimento respectivamente. Por otra parte, independientemente del nivel proteico, si bien las dietas con harina de pluma hidrolizada presentaron mayor contenido de N en heces (0,1%), las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

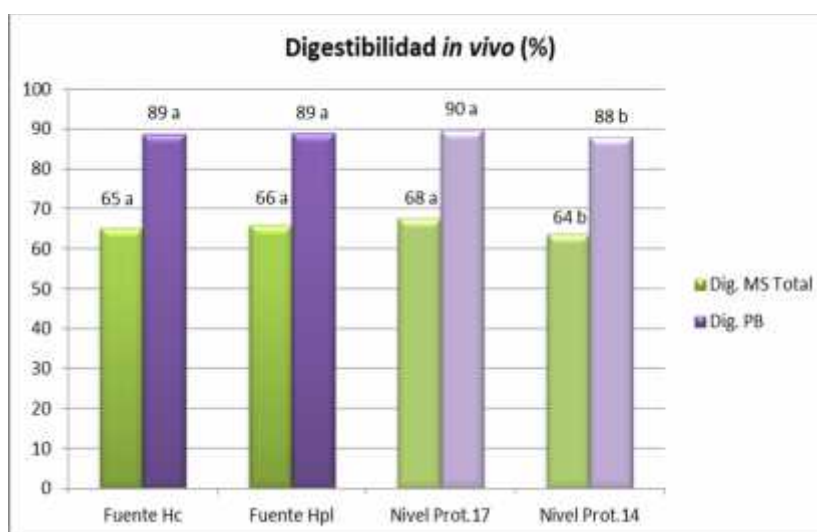
Para la fuente proteica, solo se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en la digestibilidad de la FDA pero con interacción $F \times N$ ($p < 0,01$). En las Figuras 33 y 34 se observan las medias individuales del % de FDA para cada nivel y para cada fuente proteica observándose valores superiores en las dietas con harina de pluma hidrolizada y para las de mayor nivel proteico.

Tabla 10: Efecto de la dieta sobre la digestibilidad *in vivo* de la materia seca total, de la fibra y de la proteína (%)

Parámetro	Fuente		Nivel		Probabilidad			Error
	Hc	Hpl	17	14	F	N	FxN	
Dig. MS Total	65,2	66,0	67,6	63,6	0,6077	0,0120	0,9013	1,06
Dig. FDA	31,8	39,7	44,2	27,3	0,0123	0,0001	0,0053	2,1
Dig. FDN	44,5	47,4	47,1	44,7	0,2272	0,3200	0,4314	1,65
Dig. PB	88,8	89,0	89,8	87,9	0,7728	0,0083	0,6145	0,5

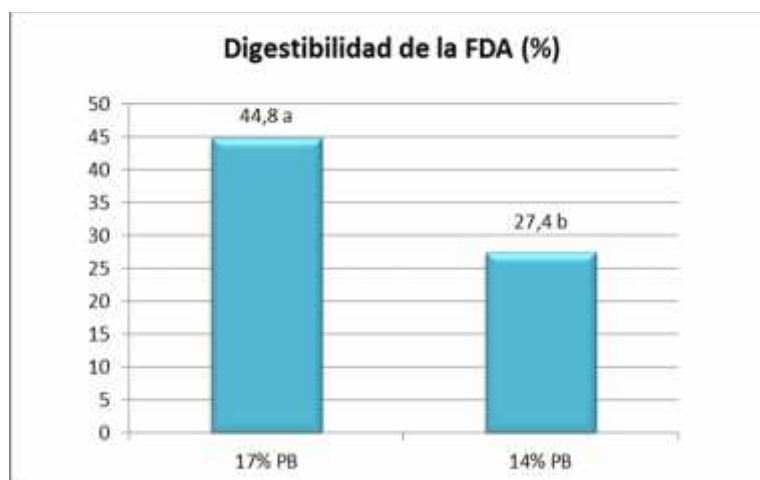
F HC = fuente proteica harina de carne. F Hpl = fuente proteica harina de pluma hidroliza. N 17 = 17% de PB. N 14 = 14% de PB. MS = materia seca. FDA = fibra detergente ácido. FDN = fibra detergente neutro. PB = proteína bruta.

Figura 33: Efecto de la fuente y el nivel proteico en la digestibilidad total de la MS y de la PB



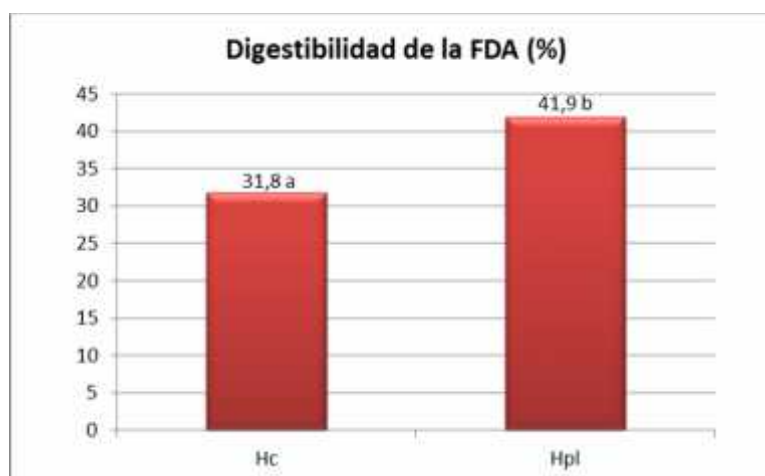
(a y b) indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). Hc = harina de carne. Hpl = harina de pluma hidrolizada. MS = materia seca. PB = proteína bruta.

Figura 34: Efecto del nivel proteico en la digestibilidad de la FDA



(a y b) indican diferencias estadísticamente significativas ($p=0,0002$).

Figura 35: Efecto de la fuente proteica en la digestibilidad de la FDA



(a y b) indican diferencias estadísticamente significativas ($p=0,0498$). Hc = harina de carne. Hpl = harina de pluma hidrolizada.

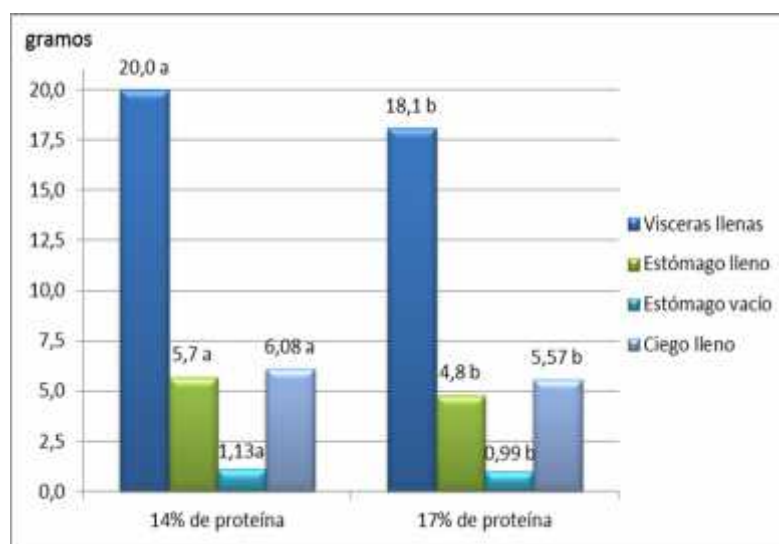
La Tabla 11 muestra el efecto de las dietas (fuente y nivel proteico) sobre los principales parámetros de faena. En cuanto al rendimiento a la faena, expresado como % de Carcasa caliente, se observaron diferencias significativas debido al nivel así como también a la fuente proteica, logrando un mayor porcentaje en aquellos animales alimentados con 17% de proteína y con fuente tradicional (Hc). Ésto estaría relacionado con los menores valores en los pesos de las vísceras llenas, el estómago lleno y vacío y el ciego lleno (Figura 36).

Tabla 11: Efecto de la dieta sobre el rendimiento y parámetros de faena expresados en % del Peso vivo (%PV)

Parámetro	Fuente		Nivel		Probabilidad			Error
	Hc	Hpl	17	14	F	N	FxN	
% CC	59,5	58,3	59,4	58,3	0,0287	0,0347	0,9248	0,3
Sangre	2,04	2,10	2,17	1,97	0,6180	0,1201	0,9928	0,09
Piel y zampas	18,5	18,1	18,4	18,2	0,2461	0,5669	0,1926	0,2
Vísceras II	18,6	19,4	18,1	20,0	0,1131	0,0003	0,0872	0,3
Estómago II	5,2	5,3	4,8	5,7	0,4202	0,0002	0,9428	0,15
Estómago v	1,05	1,07	0,99	1,13	0,6548	0,0002	0,1225	0,02
Ciego II	5,76	5,80	5,57	6,01	0,8314	0,0313	0,0576	0,13
Ciego v	1,58	1,53	1,55	1,56	0,5921	0,9615	0,1739	0,06

Todos los parámetros en % del peso vivo. F HC = fuente proteica harina de carne. F Hpl = fuente proteica harina de pluma hidroliza. N 17 = 17% de PB. N 14 = 14% de PB. CC = carcasa caliente. II = lleno. v = vacío.

Figura 36: Valores de las medias para los parámetros vísceras, estómago y ciego (%PV) relacionados con el rendimiento a la faena.



(a y b) indican diferencias estadísticamente significativas. Visceras llenas, $p = 0,0003$. Estómago lleno, $p = 0,0002$. Estómago vacío, $p = 0,0002$. Ciego lleno, $p = 0,0313$.

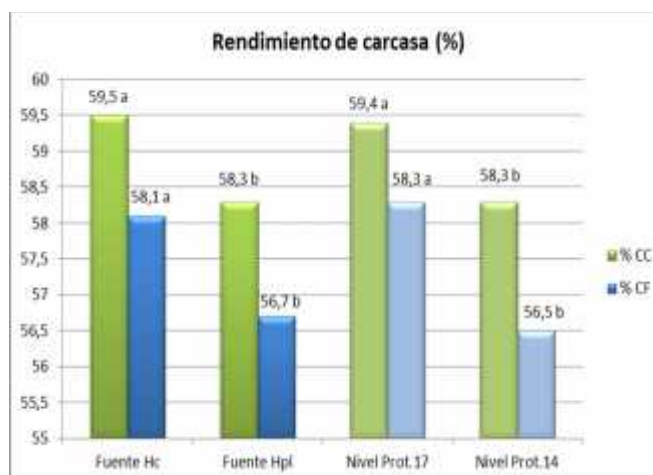
Los parámetros de calidad de carcasa se muestran en la tabla 12. El rendimiento de res, expresado como porcentaje de carcasa fría (CF%), resultó superior en aquellos animales alimentados con mayor porcentaje de proteína (17%) y fuente tradicional (harina de carne), en coincidencia con lo obtenido para la carcasa caliente (Figura 37); los restantes parámetros de la composición de la carcasa de referencia (CR), no mostraron diferencias significativas para ninguno de los factores, así como tampoco hubo interacción FxN

Tabla 12: Efecto de la dieta sobre la composición de la carcasa de referencia (%CR)

<i>Parámetro</i>	<i>Fuente</i>		<i>Nivel</i>		<i>Probabilidad</i>			<i>Error</i>
	Hc	Hpl	17	14	F	N	FxN	
CF (%)	58,1	56,7	58,3	56,5	0,0036	0,0001	0,4042	0,3
CR/CF (%)	81,1	80,5	81,0	80,6	0,1113	0,2809	0,8532	0,3
PPR	1,49	1,83	1,45	1,87	0,1343	0,0689	0,5073	0,16
Cabeza	9,1	9,1	9,3	9,0	0,9484	0,3315	0,8281	0,2
GI	0,79	0,81	0,83	0,76	0,7581	0,2635	0,7196	0,04
GV	2,5	2,6	2,5	2,6	0,6116	0,6338	0,5390	0,2
Otra grasa	0,9	1,1	0,8	1,2	0,3800	0,1023	0,3027	0,2
Hígado	6,4	6,7	6,3	6,8	0,4350	0,2668	0,5510	0,3
Riñones	1,24	1,25	1,22	1,27	0,8063	0,4154	0,7066	0,04

F HC = fuente proteica harina de carne. F Hpl = fuente proteica harina de pluma hidroliza. N 17 = 17% de PB. N 14 = 14% de PB. CF = carcasa fría. CR = carcasa de referencia. PPR = pérdidas por refrigeración. GI = grasa interescapular. GV = grasa visceral.

Figura 37: Efecto de la fuente y el nivel proteico en el rendimiento de la carcasa



(a y b) indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). CC = carcasa caliente, para la fuente proteica $p = 0,0287$ y para el nivel proteico $p = 0,0347$. CF = carcasa fría, para la fuente proteica $p = 0,0036$ y para el nivel proteico $p = 0,0001$.

La Tabla 13 muestra el efecto de la dieta sobre algunos parámetros cuantitativos de la calidad de carcasa relacionados con el contenido de carne. En las dietas con 17% de PB se lograron mayores pesos de lomo y muslo en comparación con la dieta 14% ($p < 0,05$), aunque estas diferencias no se reflejaron en la incidencia del lomo y muslo como porcentaje de la carcasa de referencia ($p > 0,05$). En cuanto a la fuente proteica, se obtuvieron menores valores de relación carne/hueso en los animales alimentados con harina de pluma hidrolizada con respecto a la dieta testigo ($p = 0,0194$) (Figura 38).

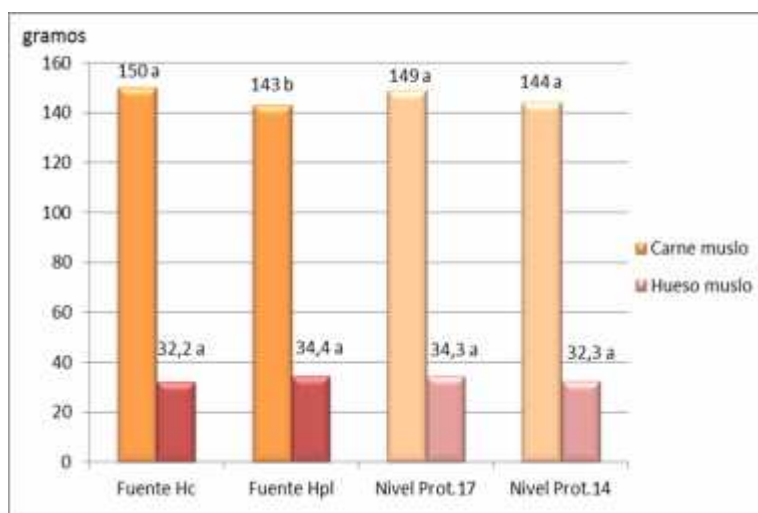
Tabla 13: Efecto de la dieta sobre características cuantitativas de la carne

Parámetro	Fuente		Nivel		Probabilidad			Error
	Hc	Hpl	17	14	F	N	FxN	
Relación carne/hueso	4,73	4,28	4,54	4,48	0,0194	0,7941	0,4383	0,12
Peso lomo d	63,9	64,6	66,7	62,0	0,7347	0,0359	0,1684	1,6
Lomo (%CR)	12,0	11,9	12,1	11,9	0,6457	0,6000	0,5082	0,2
Peso muslo d	183,9	181,2	187,3	177,7	0,5074	0,0235	0,5680	2,8
Muslo (%CR)	37,4	33,4	37,9	32,9	0,3885	0,2839	0,3295	3,3

F HC = fuente proteica harina de carne. F Hpl = fuente proteica harina de pluma hidroliza. N 17 = 17% de PB. N 14 = 14% de PB. CR = carcasa de referencia. d = derecho.

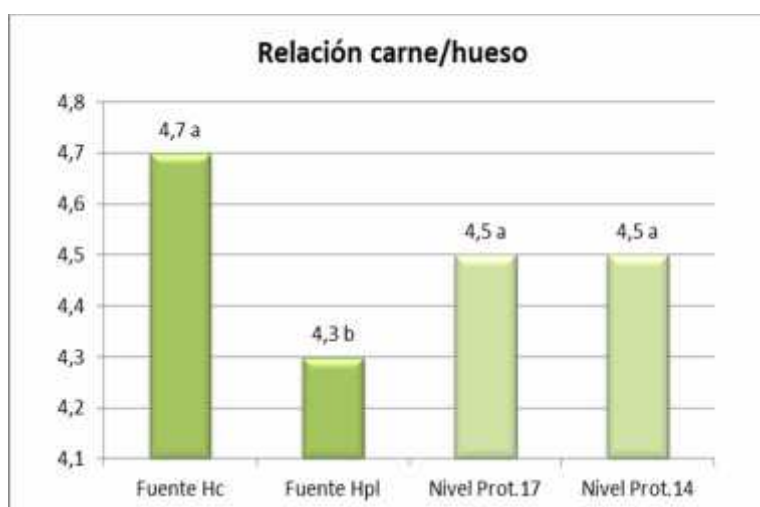
En la Figura 39 se puede observar las diferencias significativas del peso de la carne del muslo para la fuente proteica, resultando en los mayores valores para las dietas con harina de carne. Esto explicaría las diferencias encontradas en la relación carne hueso.

Figura 38: Efecto de la fuente y el nivel proteico en el peso de la carne y hueso del muslo derecho (g)



(a y b) indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). Hc = harina de carne. Hpl = harina de pluma hidrolizada. Para la carne del muslo según la fuente proteica, $p = 0,0228$.

Figura 39: Efecto de la fuente y el nivel proteico en la relación carne/hueso del muslo derecho



(a y b) indican diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,0334$). Hc = harina de carne. Hpl = harina de pluma hidrolizada.

Respecto a la calidad de la carne, en la tabla 14 se puede observar que los animales alimentados con menor porcentaje de proteína (14%) presentaron mayor valor de pérdidas por cocción para el muslo con respecto a las demás dietas. Sin embargo, las pérdidas de cocción en lomo y la dureza del lomo y muslo, no fueron afectadas ni por la fuente ni por el nivel proteico. Tampoco se observó interacción en ninguno de los casos.

Tabla 14: Efecto del nivel y fuente proteica sobre las pérdidas de cocción y dureza de la carne de lomo y muslo

<i>Parámetro</i>	<i>Fuente</i>		<i>Nivel</i>		<i>Probabilidad</i>			<i>Error</i>
	Hc	Hpl	17	14	F	N	FxN	
Pérdida de cocción muslo (ml 100g ⁻¹)	9,37	9,67	8,94	10,1	0,4606	0,0059	0,0796	0,28
Pérdida de cocción lomo (ml 100g ⁻¹)	22,3	22,2	22,3	22,2	0,8375	0,7556	0,6106	0,29
Fuerza de corte lomo (g/cm ²)	1,33	1,24	1,34	1,23	0,4190	0,3388	0,4720	0,08
Fuerza de corte muslo (g/cm ²)	0,90	0,85	0,88	0,87	0,5256	0,8385	0,7787	0,05

F HC = fuente proteica harina de carne. F Hpl = fuente proteica harina de pluma hidroliza. N 17 = 17% de PB. N 14 = 14% de PB.

En la Tabla 15 se presentan los valores medios para el pH y los parámetros colorimétricos (L*, a*, b* y el cálculo de C*), observados a las 24 h post-mortem en el muslo y lomo derechos.

El pH del lomo fue influenciado significativamente por el nivel proteico de la dieta, obteniendo menor valor (5,61) en los animales alimentados con 17% de proteína. Este comportamiento no fue observado en el muslo. La fuente proteica no resultó significativa para el valor del pH en ninguno de los dos cortes de carne.

Los parámetros colorimétricos obtenidos en el lomo fueron similares en todos los animales faenados, no mostrando influencia ni por nivel ni por fuente proteica. En el muslo, en

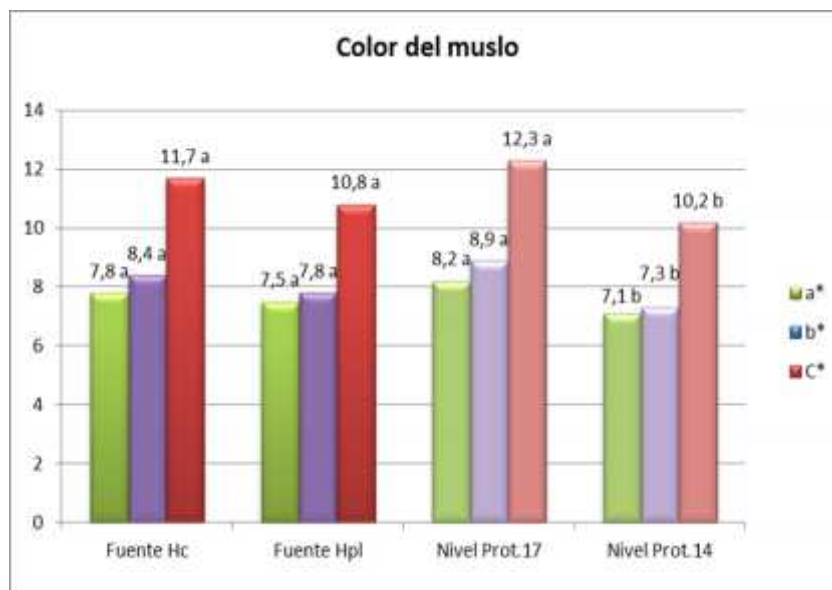
cambio, la intensidad del rojo (a^*), amarillo (b^*) y el croma (C^*) mostraron diferencias significativas en función del nivel de proteína, con valores superiores en las dietas más proteicas (Figura 40). Los parámetros colorimétricos del muslo no resultaron influenciados por la fuente proteica ni mostraron interacción FxN.

Tabla 15: Efecto de la dieta sobre el pH y parámetros colorimétricos de la carne

Parámetro	Fuente		Nivel		Probabilidad			Error
	Hc	Hpl	17	14	F	N	FxN	
Muslo								
pH	5,80	5,82	5,81	5,81	0,2030	0,9169	0,2949	0,01
a^*	7,8	7,5	8,2	7,1	0,5206	0,0301	0,7054	0,3
b^*	8,4	7,8	8,9	7,3	0,1517	0,0006	0,8663	0,3
C^*	11,7	10,8	12,3	10,2	0,2069	0,0026	0,8914	0,4
L^*	51,0	50,4	51,0	50,4	0,3600	0,3751	0,7211	0,4
Lomo								
pH	5,63	5,64	5,61	5,67	0,6751	0,0041	0,3962	0,01
a^*	6,9	6,6	6,7	6,8	0,7227	0,8388	0,7147	0,5
b^*	6,5	5,5	5,9	6,0	0,1256	0,8755	0,8855	0,4
C^*	9,5	8,6	9,0	9,2	0,3670	0,8429	0,7757	0,6
L^*	53,6	54,1	54,3	53,5	0,5783	0,3013	0,7056	0,5

F HC = fuente proteica harina de carne. F Hpl = fuente proteica harina de pluma hidroliza. N 17 = 17% de PB. N 14 = 14% de PB. L^* = luminosidad; a^* = índice del rojo; b^* = índice del amarillo. C^* = croma ($C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$)

Figura 40: Parámetros colorimétricos del muslo.



(a y b) indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). Hc = harina de carne. Hpl = harina de pluma hidrolizada. a* = índice del rojo; b* = índice del amarillo. C* = croma ($C = (a^*)^2 + (b^*)^2$)

El efecto de la dietas sobre la composición de los ácidos grasos volátiles (AGV, nM/l) y el contenido de amoníaco del ciego se muestra en tabla 16. A excepción del ácido propiónico, todos los AGV evaluados presentaron diferencias significativas por nivel proteico, con mayores valores de medias para los ácidos acético, butírico e iso-butírico, en los ciegos de los animales alimentados con 17% de proteína bruta. Ni la fuente ni el nivel proteico influenciaron el contenido de amoníaco encontrado en ciego a 24hs de la faena.

Tabla 16: Efecto de la dieta sobre la composición de los AGV (nM/l) y amoníaco (g/100gMS) del ciego

<i>Parámetro</i>	<i>Fuente</i>		<i>Nivel</i>		<i>Probabilidad</i>			<i>Error</i>
	Hc	Hpl	17	14	F	N	FxN	
C2 (nM/l)	22,4	24,6	31,4	15,7	0,6151	0,0020	0,4135	3,02
C3 (nM/l)	0,95	0,94	1,08	0,81	0,9764	0,1330	0,8505	0,12
C4 (nM/l)	1,91	2,14	2,48	1,57	0,4262	0,0049	0,2803	0,20
C4 iso (nM/l)	8,70	7,84	9,73	6,81	0,3651	0,0060	0,7020	0,65
NH3 (g/100gMS)	0,035	0,031	0,034	0,032	0,1282	0,3448	0,2430	0,002

F HC = fuente proteica harina de carne. F Hpl = fuente proteica harina de pluma hidrolizada. N 17 = 17% de PB. N 14 = 14% de PB. C2 = ácido acético. C3 = ácido propiónico. C4 = ácido butírico. C4 iso = iso butírico. NH3 = amoníaco. BS= base seca.

IV-II: Harina de pescado

Introducción

La acuicultura es el sector productor de alimentos de origen animal con más rápido crecimiento y sobrepasa el crecimiento poblacional humano. La producción mundial de la pesca ha aumentado progresivamente desde 133,6 millones de toneladas en el 2002 hasta 158 millones de toneladas en el 2012. En este mismo periodo, la proporción de la producción pesquera utilizada para consumo humano directo aumentó de un 75,4% a más del 86,2%. El resto de la producción (21,8 millones de toneladas en 2012), se destinó a fines no alimentarios humano. El 75% de esta cantidad (16,35 millones de toneladas) se redujo a harina y aceite de pescado para consumo animal (FAO 2014). En nuestro país, en el año 2017 se exportaron 17.398 t de harina, polvo y pellets de pescado, no aptos para consumo humano, y se importaron 626 t del mismo rubro (Elaborado por la SSPyA sobre la base de datos de Aduana e INDEC).

La harina de pescado se produce a partir del excedente de pescado que por su tamaño o calidad es inaceptable para el consumo humano, o a partir de material de desecho del fileteado, enlatado y otras industrias (Hampton, 1981).

El proceso normal de fabricación se inicia con el picado o molido del pescado, seguido de su cocción a 100°C durante unos 20 minutos. Posteriormente, el producto se prensa y centrifuga para extraer parte del aceite. En el proceso se obtiene una fracción soluble que puede comercializarse independientemente (solubles de pescado) o re-incorporarse a la harina. El último paso es la desecación de la harina hasta un máximo de un 10% de

humedad. En las primeras etapas del proceso se añade un antioxidante para evitar el enranciamiento de la grasa y la posible combustión de la harina (FEDNA 2012).

El valor nutritivo de la harina depende en primer lugar del tipo de pescado. Así, la harina de arenque tiene un contenido mayor en proteína (72 vs 65%, como media de otros pescados), menor en cenizas (10 vs 16-20%) y menor contenido en grasa (5 vs 9%) respecto las harinas de origen sudamericano o las de pescado blanco. Por otra parte, la frescura del producto en origen y la temperatura y condiciones de almacenamiento influyen el deterioro por actividad bacteriana, enzimática o por enranciamiento y, en consecuencia, a su contenido en peróxidos, de nitrógeno volátil total (TVN) y de aminos biogénicos tóxicos. Temperaturas altas y tiempos prolongados de secado disminuyen la disponibilidad de aminoácidos por formación de productos de Maillard. Finalmente, el reciclado de solubles altera la composición química y la solubilidad de la proteína del producto final. Por estos motivos, el proceso de fabricación de la harina tiene un efecto importante sobre su valor nutritivo (FEDNA 2012).

La harina de pescado se presenta como un producto de color marrón y la intensidad de este color se atribuye a varios factores como especie, tamaño de partícula, contenido de grasa y humedad y la calidad nutricional de los peces (Barlow y Windsor, 1983). El color y la calidad de la harina no están relacionados a menos que el color marrón oscuro sea causado por el sobrecalentamiento durante el procesamiento o almacenamiento. Barlow y Windsor (1983) resumieron los datos de composición química de diversos tipos de harina de pescado: presenta un alto contenido de proteína cruda (60,4-72,0%) y cantidades apreciables de grasa (3,4 a 11,3%) con alto porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (20 átomos de carbono o más), mayor que el presente en la grasa vegetal. El contenido de cenizas de diversas harinas también es alto (10,1 a 20,0%) y se compone principalmente de calcio y fósforo; es rica en aminoácidos esenciales, particularmente lisina y aminoácidos que contienen azufre (cistina y metionina) (Tabla 17). Según estos mismos autores, a pesar de

las grandes diferencias en el contenido de proteína cruda de harinas de diferentes orígenes, el perfil de aminoácidos se mantiene constante.

El componente nutritivo más valioso de la harina de pescado es la proteína. Tiene una proporción ideal de aminoácidos esenciales altamente digestibles, que varía relativamente poco con el origen de la harina. Además, la proteína tiene una escasa antigenicidad, por lo que resulta muy adecuada en alimentos de animales jóvenes.

La harina de pescado aporta cantidades elevadas de fósforo altamente disponible, microminerales (Se, Zn, Cu, Fe y Zn) y vitaminas del grupo B (especialmente colina, biotina, riboflavina y B12); su elevado contenido en fósforo puede plantear problemas de contaminación por algas en acuicultura y ambientales en zonas de alta densidad animal donde la polución por fósforo esté penalizada.

En la actualidad, el uso de esta materia prima sólo está permitido en la alimentación de animales distintos de los rumiantes, en plantas que no fabriquen alimentos para rumiantes.

El coeficiente de digestibilidad de la proteína de la harina de pescado para los conejos es de 88% (FEDNA, 2018).

Se ha demostrado que el consumo de ácidos grasos poliinsaturados n-3 (PUFA) y, en particular, el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA), tienen efectos beneficiosos para la salud humana (Kinsella y col., 1990; Knapp, 1991). Por esta razón, numerosos investigadores se han dedicado a aumentar los niveles de estos ácidos grasos (AG) en productos de origen animal, ampliamente consumidos, cuya composición lipídica se modifica fácilmente a través de la alimentación de los animales (Hargis y col., 1991; Huyghebaert, 1995). Específicamente, el uso de harinas o aceites de pescado en la dieta de las aves de corral, permite aumentar el nivel de AG de cadena larga n-3 en la carne (Chanmugam y col., 1992; Pinchasov y Nir, 1992; Aispuro y col., 2016).

Del mismo modo, la estrategia más directa para aumentar los AG de cadena larga tal como EPA, DPA y DHA en las carnes de conejo se basa en el uso dietético de harina o aceite de pescado o productos de origen marino (harina o aceite de algas, mariscos etc.) en los cuales

se encuentran pre formados; sin embargo la bibliografía muestra algunos problemas relacionados con la alta oxidación de los lípidos en los alimentos, el crecimiento de los conejos y la vida útil de las carnes (Navarrete y col., 2007). La inclusión de 1,8 % de aceite de pescado a la dieta de conejos en engorde influencia la calidad sensorial de la carne (menor intensidad de *flavor* característico y aparición significativa de *off flavors*), asociados a la mayor oxidación lipídica (Lamanna y col., 2013 a, b).

En un estudio realizado por Castillo Ramírez (1992), en dietas para lechones destetados tempranamente, se evaluaron diferentes niveles de inclusión de harina de pescado en reemplazo de la harina de soja, demostrando que la adición de harina de pescado hasta un óptimo del 9%, mejoró la ganancia diaria de peso, el consumo de alimento y la conversión alimenticia de los cerdos; niveles superiores de inclusión afectan negativamente la ganancia de peso y en el consumo diario de alimento.

En la industria pesquera, los residuos de pescado constituyen alrededor del 50% de la materia prima, pudiendo la harina y el ensilado de pescado servir como insumos lipídicos y proteicos en la alimentación animal. Desde el punto de vista comercial, la harina de pescado se caracteriza por su costo elevado, muchas veces inaccesible para el productor; por el contrario, el ensilado de pescado posee similares cualidades nutritivas y tiene un menor costo (Areche y col., 1992; Berenz, 1998). Históricamente, los alimentos en producción animal fueron formulados considerando solamente a las harinas de pescado como insumo; sin embargo, razones económicas y operativas han incentivado la producción del ensilado de pescado en muchos países. Las ventajas y desventajas económicas de ambas alternativas fueron comparadas por Windsor y Barlow (1984). Asimismo, desde el punto de vista nutricional, debe considerarse que durante el proceso de elaboración de la harina de pescado se llega a temperaturas de 120-150°C, lo que tiene un efecto perjudicial sobre la calidad de la misma, ya que el calor produce una importante disminución del valor biológico de las proteínas (Avdalov y col., 1992).

El ensilado de pescado es un proceso mediante el cual los residuos como cabezas, huesos, espinas, vísceras, etc., (que representan entre 30-70% del pescado), son transformados en una mezcla líquida de proteínas hidrolizadas, lípidos, minerales y otros nutrientes, fácilmente digeribles por los animales. La materia prima para la producción de ensilado debe ser lo más fresca posible. Con el fin de garantizar una conservación eficaz del producto, la materia prima debe ser molida y mezclada con un ácido orgánico como el ácido fórmico. La cantidad de ácido necesaria para prevenir el crecimiento bacteriano depende de la materia prima, pero normalmente se añade 2-3% de ácido fórmico (p/p). La mezcla final debe tener un pH inferior a 4.0, idealmente cerca de 3.5 para prevenir también el crecimiento de hongos. A este pH, las enzimas de las vísceras de pescado harán el resto del trabajo a través de una hidrólisis, dejando un producto líquido altamente nutritivo. El ensilado de pescado es un líquido donde las proteínas son pre-digeridas, pero con una composición de nutrientes similar a la harina de pescado. El proceso es simple y no requiere grandes inversiones. Este producto se puede conservar por periodos largos de tiempo, incluso años. (Toppe y col., 2018).

En un estudio realizado por Valenzuela y col., (2015), se determinó el efecto del uso de ensilado seco de salmón en dietas de pollos parrilleros sobre parámetros productivos y calidad sensorial de la carne. Los autores concluyeron que el ensilado de pescado puede convertirse en una importante contribución a la alimentación de pollos parrilleros, y una alternativa a los concentrados proteicos que existen actualmente en el mercado y además, que su incorporación en dietas de estos pollos hasta 15% hasta el día 32 de vida de los animales no genera efectos sobre los parámetros de rendimiento productivo como tampoco en las características sensoriales de la carne de pechuga.

Por otro lado, Sánchez y Ochoa (2016), evaluaron el uso de distintos porcentajes de ensilado biológico de residuos de langostino en dietas para monogástricos (lechones y pavos) observando que la inclusión del ensilado aumentó la digestibilidad de las dietas,

aunque esta fue menor en lechones que en animales adultos. La digestibilidad del alimento fue inversamente proporcional al nivel de uso de ensilado biológico (a mayor porcentaje de inclusión de ensilado menor digestibilidad de la dieta), aunque el menor valor se registró en la dieta testigo (0% de ensilado). En la fase de acabado de cerdos el tratamiento con 0% de ensilado, obtuvo el más bajo rendimiento en todos los parámetros evaluados. A mayor nivel de uso del ensilado biológico, baja el costo unitario de la dieta, siendo el mejor mérito económico el de 20% de inclusión.

El aceite de pescado también es considerado un valioso subproducto de la industria pesquera de alto valor nutricional para la alimentación animal. Originalmente fue considerado un “segundo producto” derivado de la fabricación de la harina de pescado, a la que si se consideraba como un producto de gran importancia en la nutrición animal. Sin embargo, el descubrimiento de las propiedades benéficas de los ácidos grasos omega-3 que los aceites marinos contienen en alta proporción y su utilización en la preparación de alimentos para la acuicultura, particularmente la del salmón y trucha, ha transformado al aceite de pescado en un producto escaso, de alto valor comercial y de creciente demanda por sus propiedades nutricionales (Valenzuela y col., 2012).

Para este ensayo en conejos se utilizó harina de pescado como fuente de proteína alternativa, dado que los otros subproductos de la industria pesquera (aceite y ensilado) alteraban la forma de fabricación y posterior suministro del alimento.

Tabla 17: Composición de la harina de pescado (INRA 2004)

Composición elemental	Ácidos grasos			
	Media		% AG	g/Kg
Materia seca (%)	91,7	Ácido mirístico C14:0	6,0	4,3
Proteína bruta (%)	65,3	Ácido palmítico C16:0	17,8	12,7
Materias grasas brutas (%)	8,9	Ácido palmitoleico C16:1	7,2	5,1
Materias grasas «hidrólisis» (%)	9,5	Ácido esteárico C18:0	3,6	2,6
Cenizas brutas (%)	16,2	Ácido oleico C18:1	12,3	8,8
Cenizas insolubles (%)	0,2	Ácido linoleico C18:2	2,1	1,5
Energía bruta (Kcal/Kg)	4530	Ácido linolénico C18:3	1,9	1,4
		Ácido estearidónico C18:4	1,5	1,1
		Ácido gadoleico C20:1	6,6	4,7
		Ácido araquidónico C20:4	2,4	1,7
		Ácido ecosapentanoico (EPA) C20:5	9,0	6,4
		Ácido erúcico C22:1	7,7	5,5
		Ácido clupanodónico (DHA) C22:6	2,6	1,9
		Ácido docosahexanoico (DHA) C22:6	6,6	4,7
		AG totales/materias grasas (%)	75	

Minerales		Vitaminas	
	Media		Media
Calcio (g/kg)	38,5	Vitamina E (mg/kg)	5
Fosforo (g/kg)	25,2	Vitamina B1-tiamina (mg/kg)	0,20
Magnesio (g/kg)	2,2	Vitamina B2-riboflavina (mg/kg)	7
Potasio (g/kg)	9,7	Vitamina B6-piridoxina (mg/kg)	4
Sodio (g/kg)	11,3	Vitamina B12 (µg/kg)	310
Cloro (g/kg)	17,7	Niacina (mg/kg)	116
Azufre (g/kg)	7,1	Ácido pantoténico (mg/kg)	12
Balance electrolítico (mEq/kg)	244	Ácido fólico (mg/kg)	0,27
Manganeso (mg/kg)	13	Biotina (mg/kg)	0,20
Zinc (mg/kg)	85	Colina (mg/kg)	3792
Cobre (mg/kg)	7		
Hierro (mg/Kg)	351		
Selenio (mg/Kg)	0,40		
Cobalto (mg/Kg)	0,09		
Molibdeno (mg/Kg)	0,21		
Iodo (mg/Kg)	2		

Aminoácidos totales (g/Kg)			
LYS	48,9	TYR	19,8
THR	27	PHE+TYR	45,3
MET	17,9	HIS	16
CYS	5,4	ARG	38,8
MET+CYS	23,3	ALA	41,2
TRP	6,5	ASP	60,2
ILE	27,3	GLU	82,6
VAL	32,4	GLY	42,9
LEU	46,8	SER	25,4
PHE	25,5	PRO	26,5

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la fuente proteica (Hc= harina de carne y Hpe= harina de pescado) y el nivel proteico de la dieta (170g/kg PB y 140g/kg PB) sobre los parámetros productivos, la digestibilidad de los nutrientes y las características de la canal y cualitativa de la carne de conejos en engorde.

Materiales y métodos

Se realizó un diseño experimental completamente al azar, con un arreglo factorial 2 x 2 en el cual se analizaron dos fuentes proteicas de origen animal (harina de carne como control y harina de pescado como fuente alternativa, en reemplazo de la harina de carne), con dos niveles de proteína bruta (en base a los requerimientos establecidos por Lebas (1980), para los conejos en la etapa de engorde): 17% como control y 14 % como alternativa, debido al menor requerimiento proteico en terminación (Tabla 18). Las dietas fueron formuladas para ser isoenergéticas (aproximadamente 2600 Kcal ED/Kg) (Tabla 19). El alimento fue suministrado *ad-libitum*.

Los datos fueron analizados estadísticamente utilizando el programa GLM (SAS 2004) para modelos variables cuyos factores principales fueron fuente y nivel proteico. Las diferencias entre tratamientos se analizaron a través de la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Fórmula: $Y_{ij} = \mu + N_i + F_j + I_{N \times F} + \epsilon_{ij}$

dónde:

Y = variable respuesta

μ = Media de la población

N_i = efecto debido al nivel proteico

F_j = efecto debido a la fuente proteica

$I_{N \times F}$ = Interacción entre el nivel y la fuente proteica

ϵ_{ij} = error asociado

Tabla 18: Formulación y composición química de las dietas experimentales

	D1 (Hc17)	D2 (Hpe17)	D3 (Hc14)	D4 (Hpe14)
Ingredientes principales (%)				
Harina de carne	3	0	3	0
Harina de pescado	0	3	0	3
Alfalfa (pellets)	27	27	22	22
Expeler de soja	5	5	0	0
Afrechillo de trigo	58	58	61	61
Maíz molido	4	4	10	10
Composición química (%MS)				
Materia seca	90,3	90,6	90,4	91,0
Proteína bruta	17,5	17,9	14,4	14,9
Almidón	21,4	21,9	22,8	22,3
Fibra detergente ácido	19,1	20,4	18,9	17,5
Fibra detergente neutro	43,2	42,1	42,6	41,3
Lignina detergente ácido	7,0	6,9	8,8	8,5
Cenizas	7,4	7,8	9,7	10,2
Extracto etéreo	3,3	2,9	2,8	3,1

El porcentaje restante en todas las dietas está compuesto por: conchilla, cloruro de sodio, núcleo vitamínico-mineral, aminoácidos esenciales, saborizante y coccidiostático (GEPESA, SA.)

Tabla 19: Valor nutritivo de las dietas experimentales

	D1 (Hc17)	D2 (Hpe17)	D3 (Hc14)	D4 (Hpe14)
ED (kcal/kg MS)	2692	2663	2508	2595
PD (%MS)	71,8	71,9	71,8	72,2
PD/ED (g/Mcal)	45,5	47,0	40,2	40,2

ED= energía digestible. PD= proteína digestible

Resultados

En la Tabla 20 se muestra el efecto de las dietas sobre el peso de los conejos desde destete a faena y el ADPV (aumento diario de peso vivo) durante esta etapa. Como se puede observar, no existieron diferencias significativas entre dietas para ninguno de los dos factores (fuente y nivel proteico). No obstante, se observó una interacción estadísticamente significativa ($p < 0,05$) entre la fuente y el nivel proteico en correspondencia con el peso a la faena.

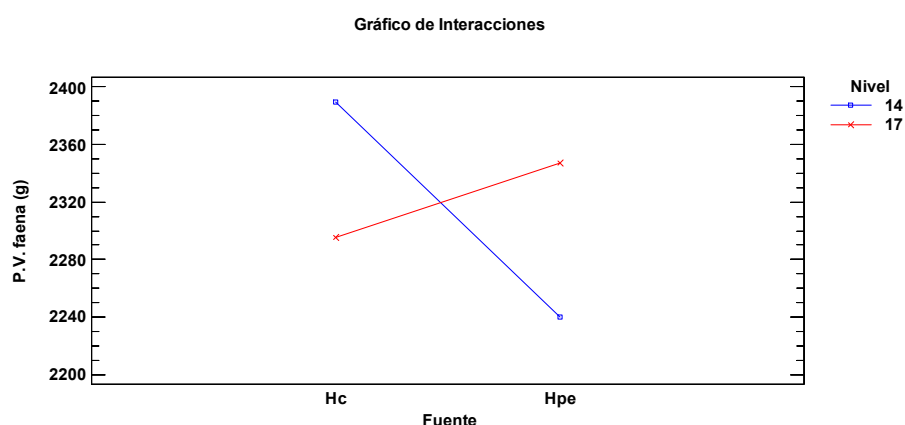
Tabla 20: Efecto de la dieta (fuente y nivel proteico) sobre el peso de los animales desde el destete al sacrificio

Parámetro	Fuente		Nivel		Probabilidad			Error
	Hc	Hpe	17	14	F	N	FxN	
ADPV (g)	28,6	28,5	29,1	27,9	0,9144	0,1503	0,0845	0,6
Peso destete (g)	448	444	460	432	0,7725	0,0867	0,9285	12
Peso 33 días (g)	584	589	600	573	0,7905	0,1916	0,7683	14
Peso 40 días (g)	754	730	762	721	0,4910	0,2462	0,4451	24
Peso 47 días (g)	757	728	764	721	0,3961	0,2231	0,7632	24
Peso 54 días (g)	1209	1151	1184	1176	0,2115	0,8690	0,7283	33
Peso 61 días (g)	1456	1407	1443	1420	0,3375	0,6585	0,7456	36
Peso 68 días (g)	1664	1610	1658	1617	0,3080	0,4417	0,7334	37
Peso 75 días (g)	1895	1856	1909	1843	0,4572	0,2134	0,3007	37
Peso 82 días (g)	2062	2030	2066	2027	0,5672	0,4939	0,2356	39
Peso 89 días (g)	2186	2179	2217	2148	0,9045	0,2599	0,0714	42
Peso faena (95d)	2342	2293	2321	2314	0,1719	0,8529	0,0065	24,6

F HC = fuente proteica harina de carne. F Hpe = fuente proteica harina de pescado, N 17 = 17% de PB
N 14 = 14% de PB. ADPV = aumento diario de peso vivo.

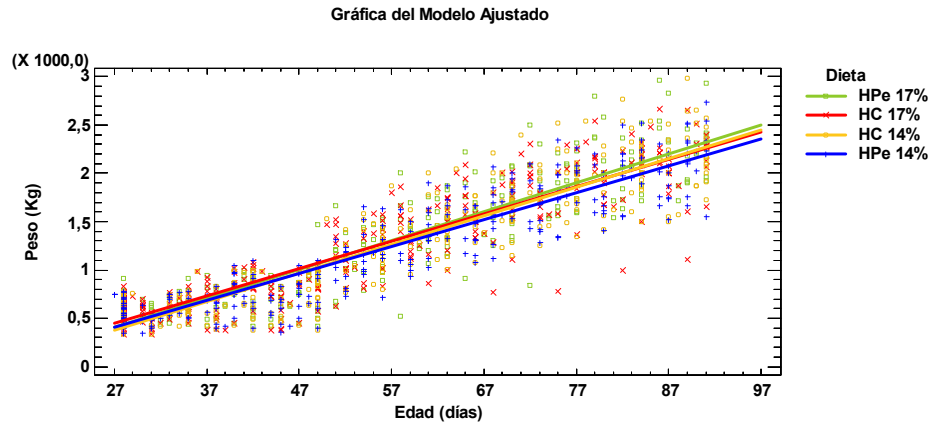
El estudio de la interacción nos permite identificar comportamientos diferenciales entre fuente y nivel proteico (Figura 41). Podría suponerse que los valores de peso de faena correspondientes a los conejos alimentados con un 14% de nivel proteico estuviesen, para ambas fuentes proteicas, por debajo de los valores obtenidos en los individuos alimentados con 17% de proteína, sin embargo estas diferencias quedan enmascaradas por los efectos de la interacción que muestran que los individuos alimentados con el 14% de proteína tienen un comportamiento diferencial según el tipo de fuente proteica, dando como resultado una variación significativamente mayor en los pesos de faena con esta concentración.

Figura 41. Interacción entre la fuente y el nivel proteico



A partir del análisis de comparación de las rectas de regresión de los pesos de los conejos según la edad, para las dietas ensayadas durante el periodo transcurrido desde el destete hasta la faena, no se observaron diferencias significativas entre las pendientes de las cuatro dietas ($P= 0,2120$) (Figura 42).

Figura 42: Comparación de rectas de regresión del peso vivo de los conejos en el periodo de engorde.



R-cuadrada= 82,5%

HC 17% = harina de carne con 17% de PB. HPe 17% = harina de pescado con 17% de PB. HC 14% = harina de carne con 14% de PB. HPe 14% = harina de pescado con 14% de PB

En la tabla 21 se muestran los resultados obtenidos para el consumo de las dietas experimentales y el índice de conversión, desde el destete hasta la faena. En cuanto al consumo de materia seca (diario y total), no se observaron diferencias significativas para ninguno de los dos factores, al igual que en el índice de conversión alimenticia.

Tabla 21: Efecto de la dieta en el consumo de alimento (gramos/día) e índice de conversión alimenticia (%MS)

Parámetro	Fuente		Nivel		Probabilidad			Error
	Hc	Hpe	17	14	F	N	FxN	
CDMS (g)	103,1	98,8	101,0	100,9	0,1168	0,9647	0,2456	1,9
CMST (g)	6023	5749	5884	5887	0,1055	0,9854	0,0057	118
ICA (%MS)	3,53	3,46	3,49	3,50	0,5951	0,9110	0,5501	0,1

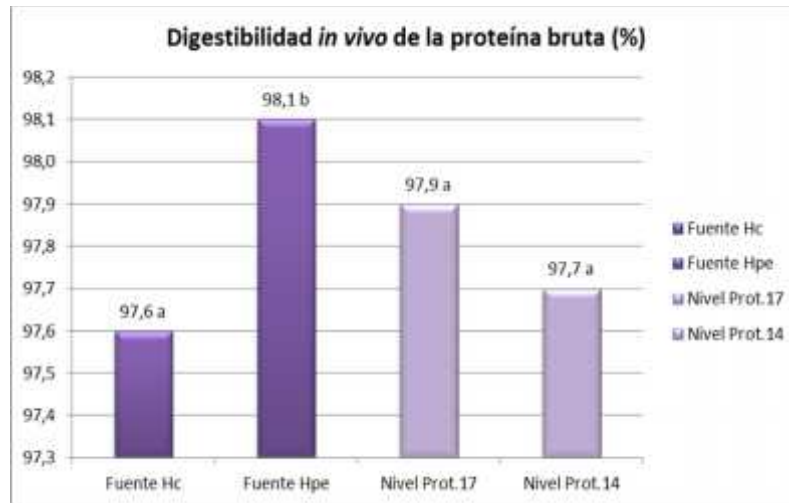
F HC = fuente proteica harina de carne. F Hpe = fuente proteica harina de pescado, N 17 = 17% de PB N 14 = 14% de PB. CDMS = consumo diario de materia seca expresado en gramos. ICA = índice de conversión alimenticia en % de materia seca. CMST = consumo de materia seca total expresado en g.

Los resultados obtenidos del análisis de digestibilidad *in vivo* de la fibra y proteína de la dieta durante la etapa de engorde (entre los 49 y 56 días de edad) se muestran en la Tabla 22. Para la digestibilidad de la MST, FDA y FDN no se observaron diferencias significativas en ninguno de los dos factores estudiados ni efecto de interacción entre ambos (Tabla 22 y Figura 44). En cambio, se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en la digestibilidad de la PB según la fuente proteica, obteniéndose mayores valores en las dietas con harina de pescado (Figura 43) y como consecuencia, un menor porcentaje de proteína encontrado en las heces de esos conejos (% PB en heces de Hpe: 11,30% vs Hc: 12,04%; $p = 0,0173$). Para el caso del nivel proteico, si bien no se encontraron diferencias significativas en la digestibilidad de la PB, las dietas con 17%PB obtuvieron mayores valores de %N en heces con respecto a las de 14%PB (12,07 vs. 11,25), con un valor de significancia de 0,0095.

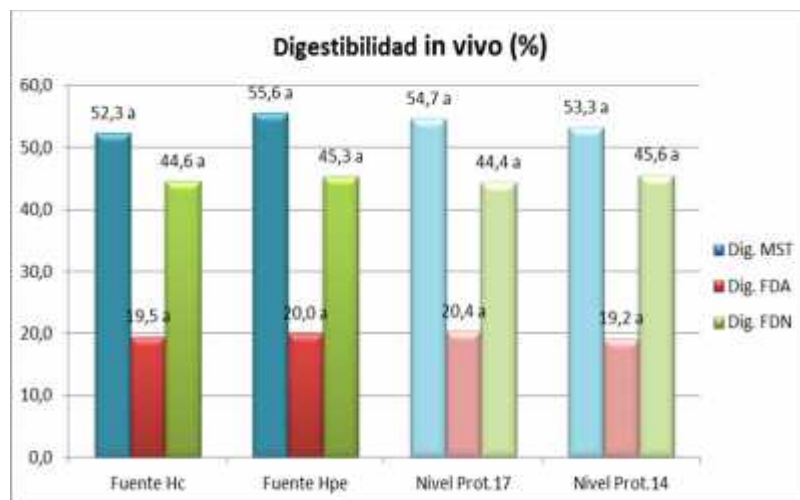
Tabla 22: Efecto de la dieta sobre la digestibilidad *in vivo* de la materia seca total, de la fibra y de la proteína (%)

Parámetro	Fuente		Nivel		Probabilidad			Error
	Hc	Hpe	17	14	F	N	FxN	
Dig. MS total	52,3	55,6	54,7	53,3	0,1804	0,5780	0,1108	1,7
Dig. FDA	19,5	20,0	20,4	19,2	0,7358	0,4313	0,2040	1,1
Dig. FDN	44,6	45,3	44,4	45,6	0,8502	0,7407	0,5500	2,5
Dig. PB	97,6	98,0	97,9	97,7	0,0137	0,3223	0,1890	0,1

F HC = fuente proteica harina de carne. F Hpe = fuente proteica harina de pescado. N 17 = 17% de PB. N 14 = 14% de PB. MS = materia seca. FDA = fibra detergente ácido. FDN = fibra detergente neutro. PB = proteína bruta.

Figura 43: Efecto de la dieta sobre la digestibilidad *in vivo* de la proteína bruta.

(a y b) indican diferencias estadísticamente significativas ($p=0,0137$). Hc = harina de carne. Hpe = harina de pescado.

Figura 44: Efecto de la dieta sobre la digestibilidad *in vivo* de la materia seca y de la fibra

(a y b) indican diferencias estadísticamente significativas ($P<0,05$). Hc = harina de carne. Hpe = harina de pescado. MST = materia seca total. FDA = fibra detergente ácido. FDN = fibra detergente neutro.

La tabla 23 muestra el efecto de las dietas sobre el rendimiento de res y los principales parámetros de faena. Sólo las vísceras llenas (Figura 45) y el ciego vacío (Figura 46) mostraron diferencias significativas ($p<0,05$) en función del nivel proteico de la dieta,

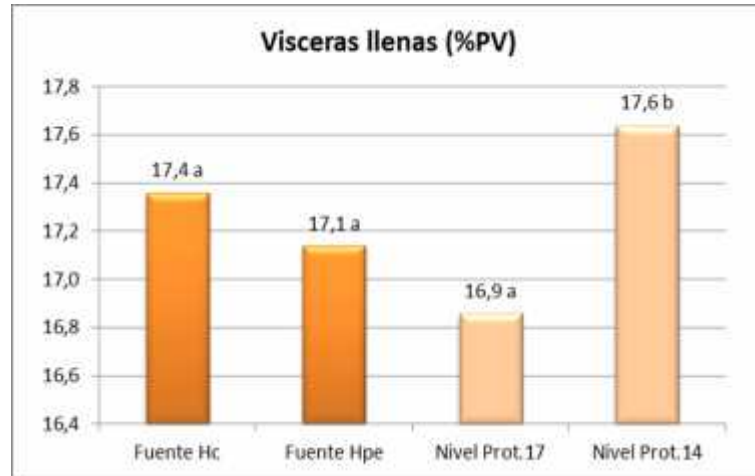
mostrando mayores valores de peso (%PV) tanto en las vísceras llenas como en el ciego vacío para las dietas con menor contenido proteico (14% PB)

Tabla 23: Efecto de la dieta sobre el rendimiento y parámetros de faena expresados en % del peso vivo (%PV)

<i>Parámetro</i>	<i>Fuente</i>		<i>Nivel</i>		<i>Probabilidad</i>			<i>Error</i>
	Hc	Hpe	17	14	F	N	FxN	
% CC	61,81	62,41	61,70	62,52	0,4274	0,2793	0,2913	0,53
Sangre	2,25	2,17	2,34	2,04	0,5009	0,0338	0,6533	0,08
Piel y zampas	16,73	16,55	16,65	16,63	0,6553	0,9494	0,4054	0,27
Vísceras II	17,36	17,14	16,86	17,64	0,4894	0,0206	0,6814	0,23
Estómago II	5,05	5,05	4,89	5,21	0,9904	0,1865	0,3498	0,17
Estómago v	0,94	0,97	0,94	0,97	0,3071	0,2543	0,6612	0,02
Ciego II	4,91	5,05	4,88	5,08	0,5729	0,4302	0,7809	0,18
Ciego v	1,47	1,48	1,37	1,57	0,8634	0,0228	0,6499	0,05
pH ciego	6,56	6,54	6,52	6,57	0,7132	0,2929	0,7132	0,03

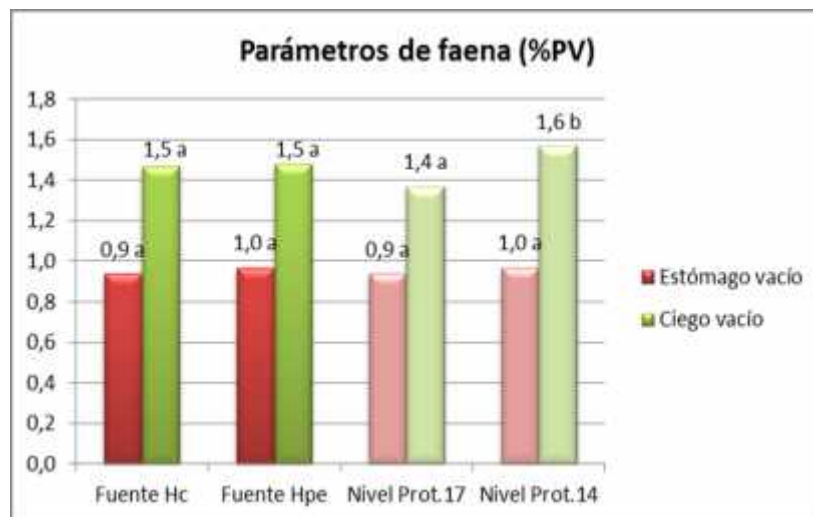
Todos los parámetros en % del peso vivo. F HC = fuente proteica harina de carne. F Hpe = fuente proteica harina de pescado. N 17 = 17% de PB. N 14 = 14% de PB. CC = carcasa caliente. II = lleno. v = vacío.

Figura 45: Valores de las medias para vísceras llenas (%PV) a faena, en función de la fuente y nivel proteico de la dieta



(a y b) indican diferencias estadísticamente significativas ($p=0,0206$). Hc = harina de carne. Hpe = harina de pescado.

Figura 46: Valores de las medias para los parámetros, estómago y ciego vacíos (%PV) en función de la fuente y nivel proteicos.



(a y b) indican diferencias estadísticamente significativas ($p=0,0228$). Hc = harina de carne. Hpe = harina de pescado.

Los parámetros evaluados de calidad de carcasa se muestran en la tabla 24. Las pérdidas por refrigeración, expresado como porcentaje del peso vivo, resultaron superiores en aquellos animales alimentados con mayor porcentaje de proteína (17%), observándose además una interacción con el factor fuente proteica; los restantes parámetros de la composición de la carcasa de referencia (CR), no mostraron diferencias significativas para ninguno de los factores, así como tampoco hubo interacción FxN

Tabla 24: Efecto de la dieta sobre la composición de la carcasa de referencia (%CR)

Parámetro	Fuente		Nivel		Probabilidad			Error
	Hc	Hpe	17	14	F	N	FxN	
CF (%)	59,52	59,83	59,61	59,73	0,4883	0,7952	0,5407	0,3
% CR/CF	79,78	79,41	79,76	79,44	0,3111	0,3865	0,3024	0,26
PPR (%PV)	1,96	2,23	2,34	1,85	0,1693	0,0158	0,0102	0,14
Cabeza	11,9	11,07	11,10	11,16	0,6819	0,8604	0,1529	0,22
Grasa I.	0,88	0,80	0,82	0,86	0,1619	0,5283	0,5498	0,04
Grasa V.	2,51	2,23	2,44	2,29	0,3751	0,6419	0,2689	0,22
Otra grasa	0,83	1,16	0,98	1,01	0,0831	0,8773	0,2860	0,13
Hígado	5,99	6,38	6,21	6,17	0,2129	0,9064	0,2917	0,22
Riñones	1,08	1,13	1,12	1,09	0,2261	0,5530	0,1027	0,03

F HC = fuente proteica harina de carne. F Hpe = fuente proteica harina de pescado. N 17 = 17% de PB. N 14 = 14% de PB. CF = carcasa fría. CR = carcasa de referencia. PPR = pérdidas por refrigeración. Grasa I = grasa inter-escapular. Grasa V = grasa visceral.

La Tabla 25 muestra el efecto de la dieta sobre algunos parámetros cuantitativos de la calidad de carcasa relacionados con el contenido de carne. Como se mencionó anteriormente, tampoco sobre la carne se observaron diferencias significativas derivadas de los factores fuente y nivel proteico.

Tabla 25: Efecto de la dieta sobre algunos parámetros cuantitativos de calidad de la carne

<i>Parámetro</i>	<i>Fuente</i>		<i>Nivel</i>		<i>Probabilidad</i>			<i>Error</i>
	Hc	Hpe	17	14	F	N	FxN	
Relación carne/hueso	4,49	3,93	4,16	4,25	0,0854	0,7752	0,8612	0,2
Peso lomo d, g	66,3	63,0	64,4	64,9	0,1213	0,7810	0,1652	1,4
Lomo (%CR)	12,0	11,4	11,7	11,7	0,0999	0,8783	0,6080	0,2
Peso muslo d, g	188,4	184,1	185,1	187,5	0,3274	0,5776	0,1428	3,0
Muslo (%CR)	34,0	33,7	33,8	34,0	0,6968	0,7914	0,9928	0,5

F HC = fuente proteica harina de carne. F Hpe = fuente proteica harina de pescado. N 17 = 17% de PB. N 14 = 14% de PB. CR = carcasa de referencia. d = derecho.

En la tabla 26, sobre parámetros cualitativos de calidad de carne relacionados con el consumo humano se puede observar que las dietas no afectaron ni las pérdidas de agua por cocción ni la dureza de la carne cocida.

Tabla 26: Efecto del nivel y fuente proteica sobre las pérdidas de cocción y dureza de la carne (muslo)

<i>Parámetro</i>	<i>Fuente</i>		<i>Nivel</i>		<i>Probabilidad</i>			<i>Error</i>
	Hc	Hpe	17	14	F	N	FxN	
Fuerza de corte muslo (g/cm ²)	0,94	0,92	0,94	0,93	0,7454	0,8614	0,1858	0,04
Pérdidas de cocción muslo (ml 100g ⁻¹)	5,37	5,13	5,10	5,40	0,6845	0,6132	0,3265	0,4

F HC = fuente proteica harina de carne. F Hpe = fuente proteica harina de pescado. N 17 = 17% de PB. N 14 = 14% de PB.

En la Tabla 27 se presentan los valores medios para el pH, los parámetros colorimétricos (L^* , a^* , b^* y el cálculo de C^*) y valores de TBA (oxidación de los lípidos con ácido tiobarbitúrico) sobre pool de carne, observados a las 24 hs post-mortem en el muslo y lomo derechos. El pH del muslo fue influenciado significativamente por la fuente proteica de la dieta, obteniendo mayor valor (4 puntos porcentuales, $p=0,013$) en los animales alimentados con harina de pescado (Figura 47); este comportamiento no fue observado en el lomo. El nivel proteico no resultó significativo para el valor del pH en ninguno de los dos cortes de carne.

En cuanto a los parámetros colorimétricos, solo se observaron diferencias significativas para el nivel proteico en la luminosidad (L^*) del muslo ($p=0,0013$), siendo mayor en los animales alimentados con 17% PB y en la intensidad del amarillo (b^*) del lomo ($p=0,0043$) con el mayor valor en los animales alimentados con 17%PB.

Para los valores de TBA sobre pool de carne se observaron diferencias significativas en la fuente proteica ($p=0,0342$), registrándose el mayor valor de media en los conejos alimentados con harina de pescado por su alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados.

Tabla 27: Efecto de la dieta sobre el pH, TBA y parámetros colorimétricos de la carne

Parámetro	Fuente		Nivel		Probabilidad			Error
	Hc	Hpe	17	14	F	N	FxN	
Muslo								
pH	5,58	5,62	5,60	5,59	0,0313	0,6514	0,5352	0,01
a*	9,21	8,58	8,44	9,35	0,2139	0,0785	0,3343	0,3
b*	3,53	3,19	3,57	3,15	0,3609	0,2726	0,1702	0,3
C*	9,91	8,92	9,21	9,61	0,1124	0,5155	0,1482	0,4
L*	54,11	54,19	55,10	53,20	0,8876	0,0013	0,7333	0,4
Lomo								
pH	5,57	5,60	5,57	5,60	0,1342	0,1085	0,1072	0,01
a*	8,11	7,93	8,17	7,87	0,6555	0,4650	0,9974	0,3
b*	0,74	0,29	1,16	-0,13	0,2843	0,0043	0,1591	0,3
C*	8,26	8,07	8,33	8,00	0,6479	0,4288	0,9836	0,3
L*	57,01	57,23	57,35	56,89	0,7220	0,4479	0,7878	0,4
TBA pool	0,286	0,367	0,296	0,358	0,0342	0,1013	0,7299	0,03

F HC = fuente proteica harina de carne. F Hpe = fuente proteica harina de pescado. N 17 = 17% de PB. N 14 = 14% de PB. L* = luminosidad; a* = índice del rojo; b* = índice del amarillo. C* = croma ($C = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$)

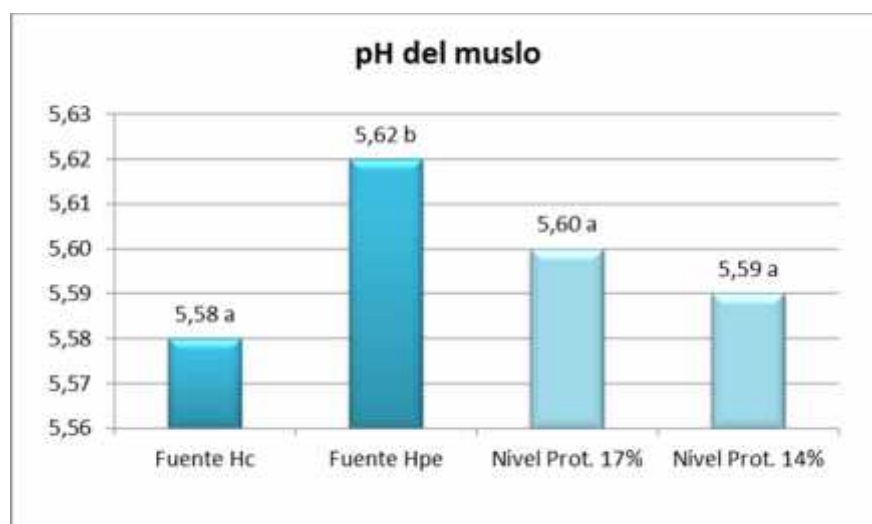
La Tabla 28 muestra el efecto de la dieta sobre la composición de ácidos grasos de cadena larga del pool de carne. A diferencia de lo esperado para las dietas con harina de pescado, no se encontraron diferencias significativas derivadas de los factores fuente y nivel proteico.

Tabla 28: Efecto de la dieta sobre la composición de ácidos grasos de un pool de carne

Parámetro	Fuente		Nivel		Probabilidad			Error
	Hc	Hpe	17	14	F	N	FxN	
C 18:0	6,28	5,77	6,33	5,72	0,1373	0,0815	0,7204	0,2
C 18:3 cis 9	1,34	1,13	1,29	1,18	0,0600	0,3274	0,5384	0,07
Omega 3	1,28	1,29	1,31	1,26	0,9273	0,6292	0,7388	0,08
Omega 6/3	19,1	20,9	19,9	20,1	0,2843	0,9254	0,2219	1,2

F HC = fuente proteica harina de carne. F Hpe = fuente proteica harina de pescado. N 17 = 17% de PB. N 14 = 14% de PB.

Figura 47: Efecto de la fuente y el nivel proteico en el pH del muslo



(a y b) indican diferencias estadísticamente significativas ($p=0,0313$). Hc = harina de carne. Hpe = harina de pescado.

El efecto de la dieta sobre la composición de los ácidos grasos volátiles (AGV, nM/l) y el contenido de amoníaco del ciego se muestra en tabla 29. Ni la fuente ni el nivel proteico influyeron significativamente en estos parámetros evaluados a las 24hs de la faena.

Tabla 29: Efecto de la dieta sobre la composición de los AGV (nM/l) del ciego

<i>Parámetro</i>	<i>Fuente</i>		<i>Nivel</i>		<i>Probabilidad</i>			<i>Error</i>
	Hc	Hpe	17	14	F	N	FxN	
NH3 (g/100gBS)	0,032	0,035	0,038	0,029	0,5709	0,1611	0,4163	0,004
C2 (nM/l)	15,10	19,40	20,51	13,99	0,2819	0,1106	0,3590	2,73
C3 (nM/l)	0,72	0,59	0,71	0,60	0,4166	0,4571	0,1336	0,10
C4 (nM/l)	1,34	1,64	1,55	1,43	0,3183	0,6942	0,3568	0,21
C4 iso (nM/l)	5,74	6,67	6,09	6,32	0,1778	0,7238	0,3742	0,46

F HC = fuente proteica harina de carne. F Hpe = fuente proteica harina de pescado. N 17 = 17% de PB. N 14 = 14% de PB. C2 = ácido acético. C3 = ácido propiónico. C4 = ácido butírico. C4 iso = iso butírico. NH3 = amoníaco. BS= base seca.

CAPÍTULO V

Uso de proteasas en dietas con bajo nivel proteico

Introducción

Hasta el siglo XXI, cubrir los requerimientos de aminoácidos fue el objetivo primario y tradicional para resolver los problemas de los altos requerimientos dietarios del conejo doméstico (*Oryctolagus cuniculus*) en los sistemas de producción intensiva. Por este motivo, en la formulación de los alimentos balanceados es muy común observar un exceso de proteína bruta, respecto a los requerimientos de los distintos estados fisiológicos. Además, la tendencia a aumentar el nivel de fibra de la dieta y a reducir el de almidón para evitar problemas digestivos, favoreció la inclusión de niveles crecientes de heno de alfalfa y subproductos de cereales u oleaginosas, dando como resultado, niveles de proteína más altos que lo recomendado especialmente en la etapa de engorde (mayores al 15%). Sin embargo, en el contexto europeo, la nueva legislación para reducir la contaminación ambiental y la prohibición del uso de antibióticos como promotores del crecimiento, condujo a definir nuevos objetivos con respecto a la fuente de nitrógeno (Carabaño y col., 2008).

Con el aumento del interés público por el cuidado del medio ambiente, la reducción de la excreción de nutrientes a los efluentes se ha convertido en un problema importante en la ganadería intensiva. Hasta no hace mucho, se formulaban las dietas con el objetivo principal de suministrar todos los nutrientes requeridos; hoy en día en cambio, la preocupación se centra en los residuos generados. La ganadería libera nitrógeno, fósforo y trazas de minerales al medio ambiente y debe asumir el impacto que tiene sobre éste, especialmente sobre la calidad del agua. Desde el punto de vista nutricional, la estrategia para cumplir con la sostenibilidad del sistema productivo a largo plazo, es diseñar raciones que mejoren la eficiencia de utilización de nutrientes (fuente y nivel de inclusión) y cumplan así con el requisito medioambiental, reduciendo la carga de minerales excretados en las heces.

Por otra parte, el desarrollo sostenible de la cunicultura se ve limitado por el alto precio de los alimentos balanceados ya que la alimentación representa el 80 % de los costos totales

de producción, siendo el componente proteico el de mayor relevancia (Lounaouci–Ouyed y col., 2008).

Una posible solución a estas problemáticas, es el planteo de estrategias nutricionales tales como la reducción de la proteína dietaria, con la adición de enzimas que contribuyan a mejorar la digestibilidad del alimento (García-Palomares y col., 2006).

El potencial de las enzimas exógenas para mejorar la utilización de los nutrientes y los resultados productivos en aves se conoce desde hace muchos años, pero es en las últimas dos décadas cuando se ha comprendido mejor la química de los sustratos y se ha hecho posible poner a punto la producción de las enzimas específicas (Naranjo y Rivadeneyra, 2005; Sanz y col., 2010; Cortés, 2015). Otros avances han venido del área de la biotecnología haciendo posible la producción de enzimas a un precio suficientemente económico como para justificar su empleo en las fórmulas para alimentación animal.

La inclusión de dichas enzimas en alimentos balanceados tiene como principal objetivo mejorar el valor nutritivo del alimento debido a su acción positiva, junto al sistema enzimático propio del animal, sobre la hidrólisis de los principios nutritivos ingeridos. Su utilización es de especial interés en animales jóvenes cuya capacidad digestiva se encuentra limitada debido al desarrollo incompleto del sistema enzimático del tracto gastrointestinal; así mismo, en estos animales la actividad de las proteasas pancreáticas es reducida, por lo que, en conjunto, la digestibilidad ileal de la proteína se ve limitada, especialmente en el caso de proteínas de baja calidad. Por este motivo, la adición enzimática resulta especialmente interesante cuando se pretende aumentar la disponibilidad de un determinado nutriente (Ravindran, 2010).

Existen varias enzimas que pueden ser de gran utilidad en cunicultura. Como se mencionó anteriormente, el aumento del flujo ileal de proteína incrementa la mortalidad de los gazapos destetados, probablemente por su influencia sobre el desarrollo de las bacterias potencialmente patógenas. Las materias primas que poseen factores antinutritivos como la harina de soja incrementan este flujo, por lo que resulta interesante la suplementación del

alimento con proteasas, especialmente en el caso de animales jóvenes (de Blas y col., 2003).

Los factores antinutritivos son sustancias naturales no fibrosas generadas por el metabolismo secundario de las plantas, como un mecanismo de defensa ante el ataque de hongos, bacterias, insectos y pájaros, o en algunos casos, productos del metabolismo de las plantas sometidas a condiciones de estrés (D'Mello, 2000; Muzquiz y col., 2006; Bruggink, 1993). La soja, fuente proteica de uso corriente en cunicultura, contiene una serie de compuestos anti nutricionales y alergénicos, tales como inhibidores de la tripsina, glicina, beta conglucina, oligosacáridos, lecitinas y saponinas (Liener, 1996).

El efecto más importante de los inhibidores de proteasas es la inhibición del crecimiento, producida por una disminución en la digestibilidad de la proteína. Conjuntamente se ocasiona un aumento en la secreción pancreática de enzimas digestivas como tripsina, elastasa, amilasa y quimotripsina, dando como resultado la pérdida de proteína endógena rica en aminoácidos azufrados esenciales, además de la subutilización de la proteína de la dieta (Belmar, 2001; Muzquiz y col., 2006). Es práctica común procesar térmicamente el poroto de soja para desnaturalizar dichos factores anti nutricionales, aunque siempre quedan contenidos residuales de los mismos.

En la mayoría de los casos, el empleo de enzimas exógenas resulta beneficioso si la densidad nutritiva de las dietas es baja. La formulación de las dietas debe ser modificada para crear las condiciones que garanticen respuestas máximas a las enzimas añadidas.

La suplementación enzimática de las dietas en ensayos de crecimiento con cerdos supone cambios incluso mayores que en aves, dado que el consumo de alimento en el ganado porcino viene determinado por el contenido de energía digestible de las dietas, a diferencia de las aves donde la capacidad digestiva es más limitante. Por tanto, en el ganado porcino las enzimas podrían reducir el consumo de alimento y mejorar los rendimientos aunque a niveles difíciles de demostrar estadísticamente. En general, los beneficios potenciales de la adición de enzimas serán mayores cuando el sistema digestivo sea más simple, como

ocurre en animales jóvenes, ya que tienen una capacidad enzimática digestiva menos desarrollada que los animales adultos. Por tanto, los animales jóvenes pueden beneficiarse de un amplio espectro de enzimas tales como lipasas, proteasas y amilasas que se añaden en dietas basadas en ciertos ingredientes. Estudios con cerdos y aves han demostrado que los beneficios de la suplementación enzimática de las dietas disminuyen con la edad de los animales (Ravindran, 2010).

Otros investigadores han demostrado que la respuesta a la adición de enzimas es dependiente de la calidad de los ingredientes. A menor calidad, mayor será la magnitud de las mejoras por la suplementación enzimática (Ravindran, 2010).

El efecto de las mezclas enzimáticas incluyendo proteasas ha sido extensamente informado (Lata Péres, 2011; Pluske, 2009; Acosta y Cárdenas, 2006), pero existen unos pocos ensayos publicados donde se evaluó el efecto independiente de la suplementación con proteasas (Bedford y Partridge, 2010).

García y col. (2006), realizaron un experimento en conejos para determinar los efectos de la fuente de proteína (harina de soja frente a la de girasol) y la suplementación con enzimas (sin enzimas, como dieta control, frente a proteasa y proteasa + adición de xilanasas) en el consumo de alimento, aumento de peso, eficiencia de conversión alimenticia y mortalidad durante el periodo de engorde. Las dietas a base de harina de soja mostraron un mayor aumento diario de peso, mayor consumo de alimento, similar eficiencia de conversión alimenticia y una mayor mortalidad que las dietas a base de harina de girasol. Los efectos fueron mayores y más significativos en las primeras dos semanas después del destete que en todo el periodo de engorde. La suplementación con enzimas no afectó significativamente ninguno de los parámetros estudiados en ningún periodo. Se observó una interacción de la fuente proteica con la suplementación con enzimas en la mortalidad, ya que tanto la proteasa como la proteasa + xilanasas redujeron la mortalidad encontrada en la dieta control (10%) a 0 y 3.33%, respectivamente en las dietas de girasol, mientras que esta respuesta no fue detectada en las dietas a base de soja. Con estos resultados los autores concluyeron

que la harina de girasol se debe preferir a la harina de soja en las dietas de inicio para conejos con el fin de minimizar los trastornos digestivos. También sugirieron que la suplementación con enzimas de las dietas de girasol podría reducir aún más la mortalidad por engorde a través de una disminución de las cantidades de nutrientes que llegan al área de fermentación.

Galeano Díaz (2017) evaluó la respuesta productiva, características de la canal y composición nutricional de la carne de conejos alimentados con diferentes niveles de inclusión de una enzima proteolítica, desde los 40 días de edad hasta la faena (80 días). En general, no observó diferencias significativas en los parámetros productivos de los animales ni en las características de la canal y la carne de los conejos.

Yu y col. (2007) evaluaron la inclusión de una preparación enzimática de proteasas disponible comercialmente en dietas para pollos de engorde, con bajo porcentaje de proteína bruta a base de maíz y harina de soja. Los animales suplementados con proteasas tuvieron mejor ganancia de peso corporal en comparación con aquellos sin suplementación y mejoró la conversión alimenticia. Sin embargo, no mejoró la digestibilidad *in vivo* de la materia seca y proteína, pero aumentó significativamente la tasa de hidrólisis de la harina de soja y la digestibilidad de la proteína en el ensayo *in vitro* en comparación con el ingrediente respectivo sin suplementación. La adición de una sola proteasa a una dieta de maíz y harina de soja mejoró el crecimiento de los pollos.

Thacker (2005) encontró mejoras significativas en el índice de conversión alimenticia cuando se añadió proteasa a una dieta a base de trigo para pollos en engorde, pero no se encontró ningún efecto significativo en el peso corporal de los animales, en la digestibilidad de la materia seca, la digestibilidad de la energía, ni la retención de nitrógeno.

Peek y col. (2009) probaron el efecto de la suplementación con proteasa en dietas con maíz, trigo y soja en un ensayo con pollos en engorde con *Eimeria* spp. y encontraron que la suplementación dietética con proteasa redujo el impacto negativo de la infección por coccidiosis en la ganancia de peso. Los mecanismos para lograr este efecto siguen sin estar

claros, ya que las lesiones coccidiales y la excreción de oocistos no se vieron afectadas y la capa de mucina fue significativamente más espesa en los pollos de engorde tratados con proteasa.

Se han sugerido posibles modos de acción para explicar el efecto beneficioso de las proteasas en las dietas de las aves de corral. Las proteasas pueden aumentar la producción endógena de peptidasa, reduciendo el requerimiento de aminoácidos y energía o mejorando la digestibilidad de la proteína de la dieta. Adicionalmente, las proteasas pueden hidrolizar antinutrientes basados en proteínas tales como lectinas o tripsina inhibidores (Huo y col., 1993; Marsman y col., 2006; Ghazi y col., 2002), mejorando la eficiencia con que el ave utiliza aminoácidos y reduce el recambio proteico. Sin embargo, persiste una considerable falta de conocimiento sobre el modo de acción de proteasas exógenas, diferencias entre diferentes clases de proteasas (por ejemplo, pH óptimo, cinética y sustrato preferido) y también su utilidad en la alimentación animal, ya sea en forma aislada o más probablemente, como parte de una mezcla enzimática (por ejemplo, xilanasas, fitasas, glucanasas y amilasas).

La composición de la dieta influye sobre la fisiología digestiva. Starck (1999) demostró que el tamaño de los órganos digestivos aumenta/disminuye en función de los cambios en el contenido de fibra de la dieta en la codorniz japonesa y estos cambios eran reversibles.

Corring (1980) demostró que la dieta influía en la producción y composición del páncreas en pollos de engorde. La ingestión de altas concentraciones de proteína en relación a los carbohidratos, sesga la composición pancreática a favor de las enzimas proteolíticas, y esto podría revertirse rápidamente si la ingesta de proteína disminuyera a favor del almidón (Corring, 1980). Los cambios en la secreción del páncreas según la composición de la dieta, también fueron estudiados en cerdos en crecimiento por Jakob y col. (1999), quien demostró que aumentando la concentración de fibra bruta a partir de la adición de salvado de trigo en la dieta, aumentaba el volumen de jugo pancreático secretado, mientras que el mismo efecto no fue observado cuando se añadió celulosa pura.

Estas medidas de adaptación sugieren que el proceso de la digestión es regulado cuidadosamente para evitar la sobreproducción de jugos digestivos inapropiados. Esto presenta una oportunidad donde la producción endógena se puede minimizar mediante la alimentación con enzimas exógenas, mejorando el rendimiento, no necesariamente aumentando los coeficientes de digestibilidad, pero minimizando la inversión secretora. Esta producción reducida de las mucinas o las enzimas digestivas se traducirían en una mejor utilización de los nutrientes ingeridos, pero puede no estar asociado con cambios en la digestibilidad ileal o total del tracto digestivo. Es posible que el verdadero valor de la suplementación con proteasas sea reducir las necesidades energéticas para el mantenimiento (y requerimientos de aminoácidos) en lugar de mejorar la digestibilidad ileal de la energía. Recientemente se ha demostrado que la eficacia de tales enzimas podría estar ligada a la digestibilidad de la dieta a la que se agregan (Cowieson y Bedford, 2009; Cowieson, 2010). Como la digestibilidad ileal máxima teórica (si no realista) es del 100%, los pro-nutrientes que aumentan la digestibilidad mueven constantemente la digestibilidad hacia esa asíntota fija, por lo que la oportunidad de una mejora adicional disminuye con cada nueva adición.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la adición de una proteasa comercial a dietas restringidas en proteína (14%) y tres fuentes proteicas (Hs= harina de soja, Hpl= harina de pluma hidrolizada y Hpe= harina de pescado) sobre los parámetros productivos, la digestibilidad de los nutrientes y las características de la canal y cualitativa de la carne de conejos en engorde.

Materiales y métodos

Se realizó un diseño experimental completamente al azar, con cuatro dietas, 1 control con 17% de PB y 3 dietas experimentales, restringidas en contenido proteico (14%) (Tabla 29).

En las dietas experimentales restringidas en proteína (14%, en base a los requerimientos establecidos por Lebas, 1980, para los conejos en la etapa de engorde) se evaluó la adición de proteasas y la utilización de distintas fuentes de proteína (soja, harina de pluma hidrolizada y harina de pescado), a saber:

- Control (D1): 17%PB y harina de carne como fuente proteica
- Dietas experimentales:
 - D2: 14% PB + proteasas y harina de soja
 - D3: 14% PB + proteasas y harina de pluma
 - D4: 14% PB + proteasas y harinas de pescado.

Todas las dietas fueron formuladas con 2400 Kcal ED/Kg) (Tabla 30). El alimento fue suministrado *ad-libitum*.

Los resultados experimentales se sometieron a un ANOVA mediante la subrutina PROC.GLM (SAS 2004) para un diseño completamente aleatorizado, donde la fuente de variación fue la dieta. Las diferencias entre tratamientos se analizaron a través de la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Fórmula: $Y = \mu + P + \varepsilon$

Dónde:

Y = variable respuesta

μ = Media de la población

P = efecto debido a la adición de proteasas

ε = error asociado

Fórmula: $Y = \mu + F + \varepsilon$

Dónde:

Y = variable respuesta

μ = Media de la población

F = efecto debido a la fuente proteica

ε = error asociado

Tabla 29: Formulación y composición química de todas las dietas

	D1 (17)	D2 (Hs14+P)	D3 (Hpl14+P)	D4 (Hpe14+P)
Ingredientes principales (%)				
Afrechillo	55	61	61	61
Maíz	8	10	9	10
Alfalfa pellets	27	22	22	22
Harina de carne	3	0	0	0
Harina de pescado	0	0	0	3
Harina de pluma hidrolizada	0	0	3	0
Harina de soja	3	3	0	0
Composición química (%MS)				
Materia seca (%)	90,6	90,5	90,4	90,5
Proteína bruta	18,0	13,7	13,8	13,5
Almidón	18,9	31,1	29,3	30,0
Fibra detergente ácido	19,0	13,3	14,6	15,8
Fibra detergente neutro	41,0	37,9	37,1	36,4
Lignina detergente ácido	7,7	9,0	9,3	6,0
Cenizas	7,8	8,2	7,8	8,7
Extracto etéreo	3,9	1,7	1,4	1,0

El porcentaje restante en todas las dietas está compuesto por: conchilla, cloruro de sodio, núcleo vitamínico-mineral, aminoácidos esenciales, saborizante y coccidiostático (GEPESA, SA.)

Tabla 30: Valor nutritivo de las dietas experimentales

	D1	D2	D3	D4
ED (kcal/kg MS)	2449	2442	2388	2412
PD (%MS)	72,0	72,3	72,1	72,1
PD/ED (g/Mcal)	46,6	35,5	36,5	35,5

ED= energía digestible. PD= proteína digestible

Resultados

A partir de un análisis estadístico preliminar de las cuatro dietas en forma independiente (no mostrado en esta tesis), solo se encontraron diferencias significativas en los animales alimentados con la dieta de 17% PB. Por tal motivo, se decidió evaluar en primer lugar, el efecto del nivel proteico de las dietas (dieta 17% vs promedio de las 3 dietas 14%) y en segundo lugar, hacer una comparación de las distintas fuentes proteicas utilizadas en las dietas con 14% de PB.

Efecto del Nivel proteico

En la Tabla 31 se muestra el efecto de la adición de proteasas a las dietas con 14% PB respecto al control, sobre el peso de los conejos desde destete a faena (Figura 48) y el ADPV (aumento diario de peso vivo) durante esta etapa. Como se puede observar, solo existieron diferencias significativas en los pesos de los animales desde los 46 a los 60 días de edad, no evidenciándose más diferencias desde los 2 meses de edad, hasta faena.

Tabla 31: Efecto de la adición de proteasas a dietas restringidas en proteínas con respecto al control, en el peso vivo (g) y ganancia promedio de peso (g/d), de conejos en engorde desde el destete al sacrificio

<i>Parámetro</i>	<i>Nivel Proteico</i>		<i>Probabilidad</i>	<i>Error</i>
	17	14+P		
ADPV (g/d)	23,2	25,0	0,1754	0,9
Peso destete	517	549	0,2191	17
Peso 33 días	616	668	0,0861	20
Peso 38 días	777	832	0,0592	19
Peso 46 días	1036	1089	0,0498	19
Peso 53 días	1086	1207	0,0097	30
Peso 60 días	1351	1449	0,0412	32
Peso 67 días	1587	1690	0,0625	37
Peso 74 días	1848	1942	0,1572	44
Peso 81 días	2125	2138	0,8653	54
Peso de faena (90 días)	2315	2320	0,9570	63

Nivel 17 = 17% de PB. Nivel 14+P = 14% de PB con la adición de proteasas. ADPV = aumento diario de peso vivo.

Figura 48: Evolución de los pesos vivos desde destete a faena en función de las dietas con distinto nivel proteico.

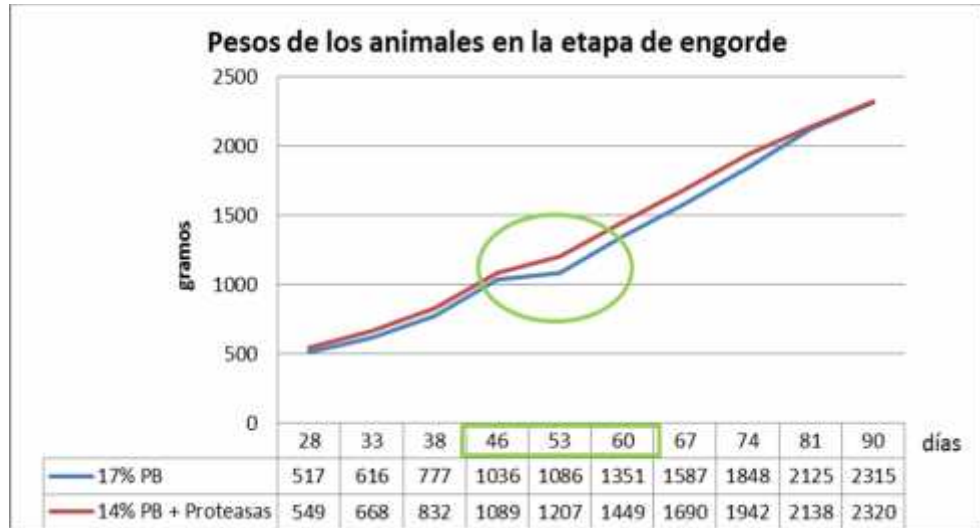
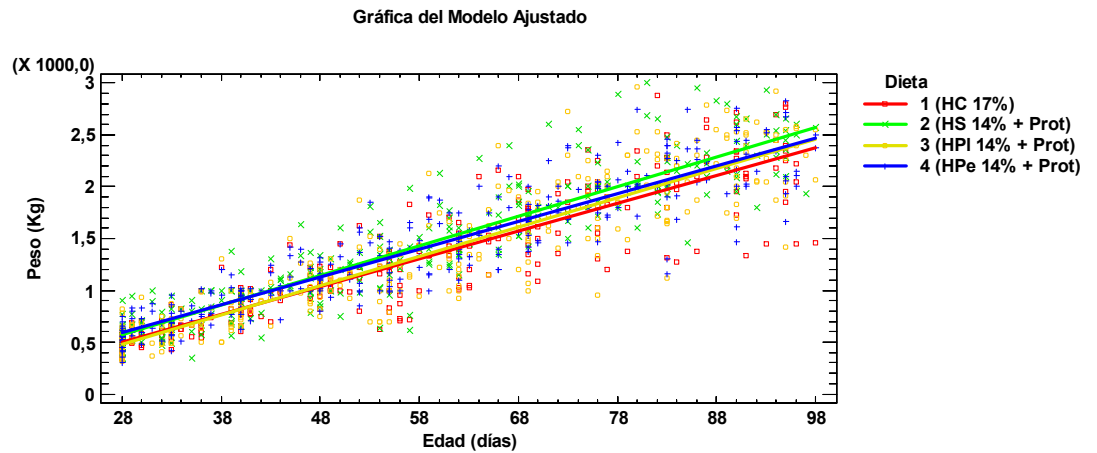


Figura 49: Rectas de regresión de los pesos vivos de los conejos en el periodo de engorde en función de la dieta.



R-Cuadrada= 83,5%

Dietas: 1 = 17% de PB, harina de carne. 2= 14% de PB con harina de soja y la adición de proteasas. 3= 14% de PB con harina de pluma hidrolizada y la adición de proteasas. 4= 14% de PB con harina de pescado y la adición de proteasas. p=0,1486

La tabla 32 muestra el detalle de la ganancia de peso y el peso de los animales para cada dieta analizada como variable independiente.

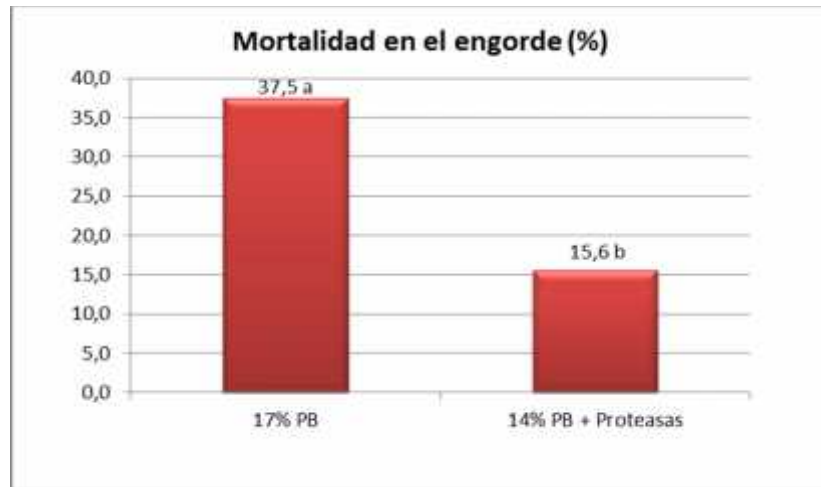
Tabla 32: Efecto de la dieta en el peso de los animales (g) y el aumento diario de peso vivo (g/d)

<i>Parámetro</i>	<i>Dietas</i>				<i>Probabilidad</i>	<i>Error</i>
	1	2	3	4		
ADPV (g/d)	23,2	24,6	25,2	25,1	0,5704	1,1
Peso destete	518	552	512	582	0,0942	22
Peso 33 días	616a	706b	613a	687b	0,0126	24
Peso 38 días	778a	839ab	777a	878b	0,0106	25
Peso 46 días	1036	1105	1065	1107	0,0958	24
Peso 53 días	1086a	1244b	1145ab	1237b	0,0162	40
Peso 60 días	1351a	1473b	1383ab	1487b	0,0464	41
Peso 67 días	1587	1736	1654	1679	0,1734	47
Peso 74 días	1848	1980	1900	1948	0,3805	56
Peso 81 días	2125	2165	2105	2146	0,8935	61
Peso de faena (90 d)	2315	2388	2278	2299	0,7195	75

1= Dieta control (17%PB y harina de carne como fuente proteica). 2= D2 (14% PB + proteasas y harina de soja). 3= D3 (14% PB + proteasas y harina de pluma). 4= D4 (14% PB + proteasas y harinas de pescado).

Se observaron diferencias significativas ($p < 0,01$) en la mortalidad de los animales durante la etapa de engorde con valores inferiores en las dietas con menor porcentaje de proteína (14%) y la adición de proteasas respecto al control (Figura 50).

Figura 50: Mortalidad en el engorde expresado en porcentaje según nivel proteico



Chi-Cuadrado = 6,899889989 ($p < 0,01$)

Como se puede observar en la Figura 52, si bien el número de animales con diarreas inespecíficas (Figura 51) que se recuperaron durante el engorde varió entre las distintas dietas, estas diferencias no fueron significativas ($p > 0,05$).



Figura 51: Animales con diarrea

Figura 52: Morbilidad en el engorde según la dieta expresado en porcentaje



1= Dieta control (17%PB y harina de carne como fuente proteica). 2= D2 (14% PB + proteasas y harina de soja). 3= D3 (14% PB + proteasas y harina de pluma). 4= D4 (14% PB + proteasas y harinas de pescado).

La Tabla 32 muestra los consumos de materia seca (diario y total), y el índice de conversión alimenticia, desde el destete hasta faena, de animales alimentados con la dieta control y el promedio obtenido de los animales que consumieron una de las tres dietas experimentales adicionadas con proteasas. No se observaron diferencias significativas entre las dietas experimentales y el control para ninguno de los parámetros evaluados ($p > 0,05$).

Tabla 32: Efecto de la adición de proteasas en dietas restringidas en proteína para conejos en engorde, respecto a la dieta control, en el consumo de alimento (gramos/día) e índice de conversión alimenticia (%MS).

Parámetro	Nivel Proteico		Probabilidad	Error
	17	14+P		
CTAF (g)	6004	6094	0,8188	265
CDMS (g)	92	93	0,8686	4
ICA (%MS)	3,4	3,3	0,6821	0,1

Nivel 17 = 17% de PB. Nivel 14+P = 14% de PB con la adición de proteasas. CTMV= consumo total de alimento fresco expresado en gramos. CDMS = consumo diario de materia seca expresado en gramos. ICA = índice de conversión alimenticia

Los resultados obtenidos del análisis de digestibilidad *in vivo* de la fibra y proteína de la dieta durante la etapa de engorde (entre los 49 y 56 días de edad) se muestran en la tabla 33 y en las Figuras 53 y 54. Se puede observar que hubo diferencias significativas para la digestibilidad de la MST, la FDA y FDN, no observándose dichas diferencias para la digestibilidad de la PB. Los valores medios de digestibilidad de la materia seca total fueron mejores en las dietas con proteasas, no así para la digestibilidad de la fracción fibra. En el caso de la PB, las dietas con 14% mas proteasas, independientemente de la fuente usada, igualaron a la digestibilidad de la proteína de la dieta control.

Tabla 33: Efecto de la adición de proteasas en dietas restringidas en proteína para conejos en engorde, respecto a la dieta control, sobre la digestibilidad *in vivo* de la materia seca total, de la fibra y de la proteína (%)

Parámetro	Nivel Proteico		Probabilidad	Error
	17	14+P		
Dig. MST	59,2	70,0	0,0000	1,2
Dig. FDA	21,3	13,5	0,0000	0,8
Dig. FDN	47,2	36,2	0,0007	2,0
Dig. PB	98,0	98,1	0,8231	0,1

Nivel 17 = 17% de PB. Nivel 14+P = 14% de PB con la adición de proteasas. MST= materia seca total. FDA= fibra detergente ácido. FDN= fibra detergente neutro. PB= proteína bruta

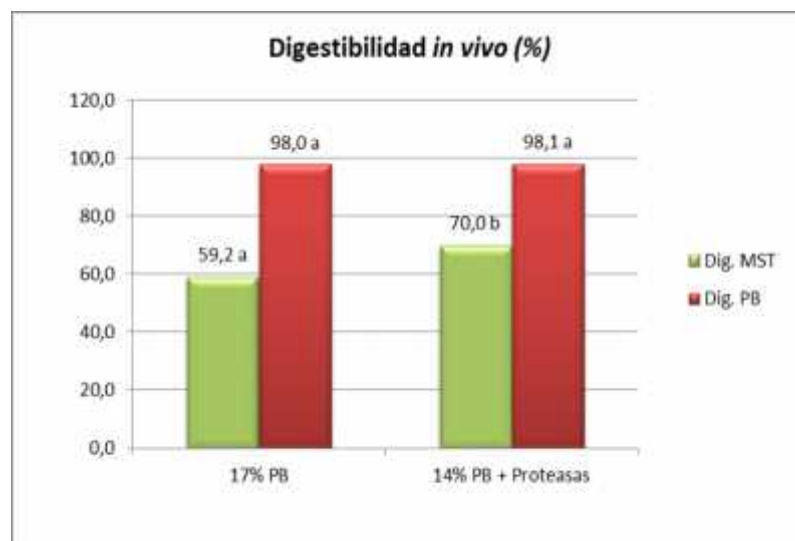
En la Tabla 34 se muestra un análisis de varianza simple de las cuatro dietas en forma independiente y su efecto sobre la digestibilidad *in vivo* de la materia seca total, de la fibra y de la proteína. Se puede observar que las tres dietas con proteasas difieren de la dieta control en la digestibilidad total y de la fracción fibra, no manteniéndose estas diferencias en la fracción proteica.

Tabla 34: Efecto de la dieta sobre la digestibilidad *in vivo* de la materia seca total, de la fibra y de la proteína (%)

Parámetro	Dietas				Probabilidad	Error
	1	2	3	4		
Dig. MST	59,2a	71,3b	70,5b	68,2b	0,0000	1,5
Dig. FDA	21,3a	13,3b	13,1b	14,2b	0,0000	1,1
Dig. FDN	47,2a	39,7b	35,0b	34,0b	0,0030	2,4
Dig. PB	98,0	98,2	98,1	97,8	0,3359	0,14

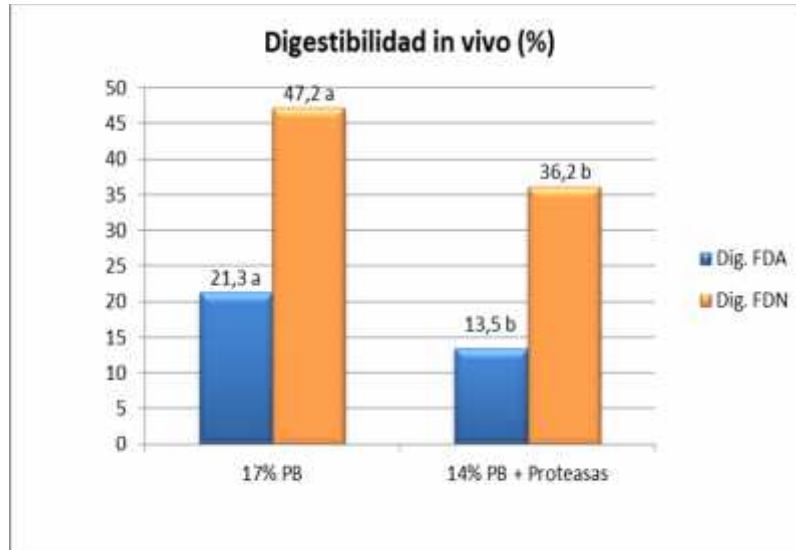
1= Dieta control (17%PB y harina de carne como fuente proteica). 2= D2 (14% PB + proteasas y harina de soja). 3= D3 (14% PB + proteasas y harina de pluma). 4= D4 (14% PB + proteasas y harinas de pescado).

Figura 53: digestibilidad *in vivo* de la materia seca y de la proteína bruta (%) en función del nivel proteico de dietas de engorde para conejos



17% = 17% de proteína bruta. 14% + Proteasas = 14% de proteína bruta con la adición de proteasas.

Figura 54: digestibilidad in vivo de la fibra detergente ácido y de la fibra detergente neutro (%) en función del nivel proteico de dietas de engorde para conejos



Dig. FDA= digestibilidad de la fibra detergente ácido. Dig. FDN= digestibilidad de la fibra detergente neutro. 17% = 17% de proteína bruta. 14% + Proteasas = 14% de proteína bruta con la adición de proteasas.

La tabla 35 muestra el efecto de las dietas restringidas en proteína con adición de proteasas respecto al control sobre los principales parámetros de faena y el pH del ciego. Se observaron diferencias significativas para el peso de las vísceras llenas ($p < 0,01$), estómago vacío ($p < 0,05$) y ciego lleno ($p < 0,01$), mostrando mayores valores en aquellos animales alimentados con 14% PB y adición de proteasas sin llegar a afectar el rendimiento de carcasa ($p > 0,05$). La fuente de proteína y la adición de proteasas influenciaron de igual manera las condiciones del ciego, observándose igual valor de pH en todos los tratamientos.

Tabla 35: Efecto del nivel proteico y la adición de proteasas sobre el rendimiento y parámetros de faena expresados en % del peso vivo (%PV)

<i>Parámetro</i>	<i>Nivel Proteico</i>		<i>Probabilidad</i>	<i>Error</i>
	17	14+P		
(%PV)	17	14+P		
CC	57,9	57,4	0,4637	0,5
Sangre	2,1	2,1	0,9972	0,1
Piel y zampas	18,4	18,0	0,4210	0,3
Vísceras llenas	17,9	20,6	0,0001	0,4
Estómago lleno	4,8	5,2	0,2731	0,2
Estómago vacío	1,05	1,12	0,0436	0,02
Ciego lleno	5,6	6,5	0,0092	0,2
pH ciego	6,29	6,16	0,2385	0,06

Nivel 17 = 17% de PB. Nivel 14+P = 14% de PB con la adición de proteasas. CC= carcasa caliente

Los parámetros de calidad de carcasa se muestran en la tabla 36. El nivel proteico de las dietas (17% y 14%+proteasas) no influyó ni en el rendimiento de carcasa fría ni en los principales componentes de la carcasa a excepción del porcentaje relativo de los riñones ($p>0,05$), siendo mayor en los animales alimentados con 17% PB.

Tabla 36: Efecto del nivel proteico y la adición de proteasas en dietas de engorde sobre la composición de la carcasa de referencia de conejos (%CR).

<i>Parámetro</i>	<i>Nivel Proteico</i>		<i>Probabilidad</i>	<i>Error</i>
	17	14+P		
%CR	17	14+P		
CF (%)	57,1	56,3	0,2654	0,5
% CR/CF	81,0	79,9	0,0554	0,4
PPR	1,08	1,07	0,9956	0,1
Cabeza	10,5	10,8	0,4750	0,2
Grasa I	0,62	0,68	0,5473	0,07
Grasa V	2,4	2,9	0,1850	0,25
Otra grasa	0,56	0,80	0,2013	0,1
Hígado	5,4	6,4	0,0548	0,3
Riñones	1,25	1,12	0,0071	0,03

Nivel 17 = 17% de PB. Nivel 14+P = 14% de PB con la adición de proteasas. CF= carcasa fría. CR= carcasa de referencia. PPR= pérdidas por refrigeración. Grasa I= grasa interescapular. Grasa V= grasa visceral

La Tabla 37 muestra el efecto de la dieta sobre algunos parámetros cuantitativos de la calidad de carcasa relacionados con el contenido de carne. Para ninguno de los parámetros evaluados se evidenciaron diferencias significativas en función del nivel proteico y/o adición de proteasas de las dietas ($p > 0,05$).

Tabla 37: Efecto del nivel proteico y la adición de proteasas en dietas de conejos en engorde sobre características cuantitativas de la carcasa

<i>Parámetro</i>	<i>Nivel Proteico</i>		<i>Probabilidad</i>	<i>Error</i>
	17	14+P		
Relación carne/hueso	4,4	4,2	0,2520	0,09
Peso lomo derecho (g)	64,6	67,4	0,5141	3,0
Lomo (%CR)	11,8	11,9	0,9122	0,3
Peso muslo derecho (g)	182,6	187,9	0,4388	4,5
Muslo (%CR)	34,4	34,0	0,4227	0,3

Nivel 17 = 17% de PB. Nivel 14+P = 14% de PB con la adición de proteasas. CR= carcasa de referencia

En cuanto a la calidad de la carne, en la Tabla 38 se puede observar que los animales alimentados con menor porcentaje de proteína (14%) y adición de proteasas presentaron similares valores de pérdidas por cocción del muslo respecto a la dieta control; el mismo comportamiento se obtuvo al evaluar la fuerza de corte, presentando ambos tratamientos similares valores de dureza en la carne del muslo.

Tabla 38: Efecto del nivel proteico y la adición de proteasas en dietas de conejos en engorde sobre las pérdidas de cocción y dureza de la carne (muslo).

<i>Parámetro</i>	<i>Nivel Proteico</i>		<i>Probabilidad</i>	<i>Error</i>
	17	14+P		
Fuerza de corte muslo (g/cm ²)	1,23	1,12	0,1377	0,05
Pérdidas por cocción muslo (%)	7,0	8,0	0,7505	0,005

Nivel 17 = 17% de PB. Nivel 14+P = 14% de PB con la adición de proteasas.

En la Tabla 39 se presentan los valores medios para el pH y los parámetros colorimétricos (L^* , a^* , b^* y el cálculo de C^*), observados a las 24 h *post-mortem*, en el muslo y lomo derechos.

No se observaron diferencias significativas para el valor del pH en ninguno de los dos cortes de carne.

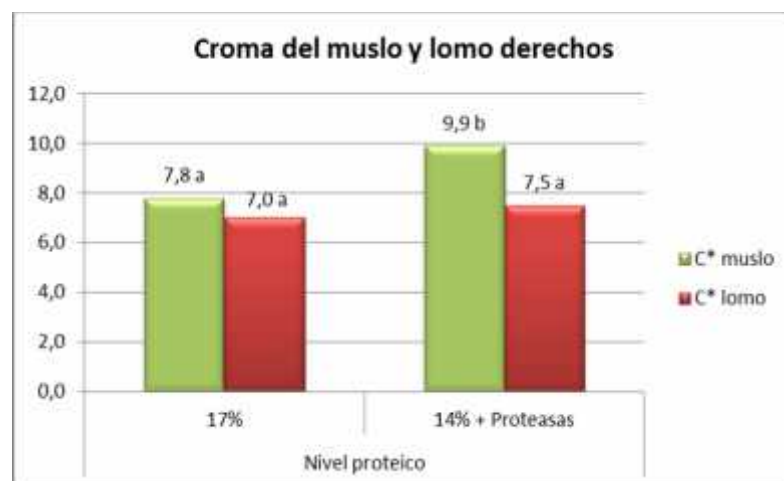
Respecto a los parámetros colorimétricos, tanto la luminosidad como los índices del rojo (a^*) y del amarillo (b^*) medidos en el lomo fueron similares en todos los animales faenados, no mostrando influencia significativa en función del tratamiento. En el muslo, en cambio, la intensidad del rojo (a^*), el croma (C^*) (Figura 55) y la luminosidad (L) mostraron diferencias significativas ($p < 0,001$) en función de la dieta presentando mayor intensidad de rojo, más croma y menos luminosidad, los animales alimentados con dietas restringidas en proteínas y adicionadas con proteasas.

Tabla 39: Efecto del nivel proteico y la adición de proteasas en dietas de conejos en engorde sobre el pH y parámetros colorimétricos de la carne

Parámetro	Nivel Proteico		Probabilidad	Error
	17	14+P		
Muslo				
pH	5,86	5,83	0,2332	0,02
a*	7,2	9,3	0,0005	0,4
b*	2,8	3,4	0,1298	0,3
L*	54,1	50,5	0,0001	0,5
Lomo				
pH	5,66	5,69	0,0662	0,01
a*	6,8	7,2	0,4010	0,3
b*	0,3	0,2	0,7762	0,3
L*	55,4	55,8	0,6398	0,5

Nivel 17 = 17% de PB. Nivel 14+P = 14% de PB con la adición de proteasas. L*= luminosidad; a*= índice del rojo; b*= índice del amarillo. C*= croma ($C=\sqrt{(a^*)^2+(b^*)^2}$)

Figura 55: Efecto del nivel proteico en el Croma de la carne evaluado en lomo y muslo



17% = 17% de proteína bruta. 14% + Proteasas = 14% de proteína bruta con la adición de proteasas. C* muslo, p=0,0019. C* lomo, p=0,3142

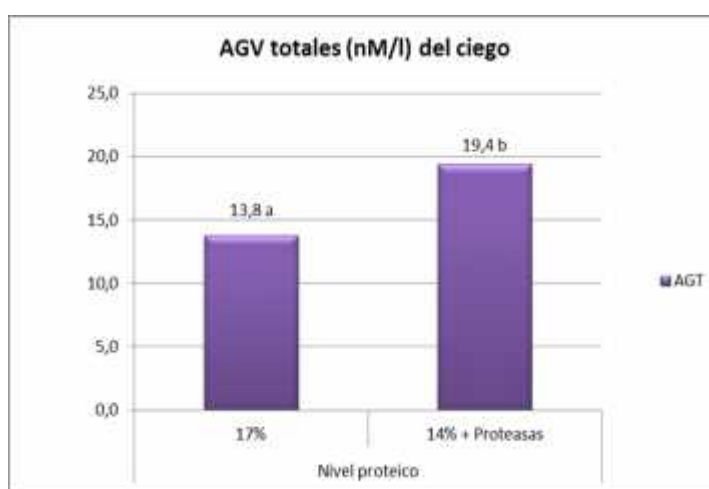
El efecto de los tratamientos sobre la composición de los ácidos grasos volátiles (AGV, nM/l) y el contenido de amoníaco del ciego (24h *post* faena) se muestra en tabla 40. Todos los AGV evaluados (acético, butírico e iso-butírico), presentaron diferencias significativas según el nivel proteico, con mayores valores de medias en los ciegos de los animales alimentados con 14% PB y adición de proteasas ($p < 0,05$), mientras que no se evidenció efecto del tratamiento sobre el contenido de nitrógeno amoniacal ($p > 0,05$) (Figura 56).

Tabla 40: Efecto del nivel proteico y la adición de proteasas en dietas de conejos en engorde sobre la composición de los AGV (nM/l) del ciego

Parámetro	Nivel Proteico		Probabilidad	Error
	17	14+P		
NH ₃ (g/100g BS)	0,08	0,06	0,1683	0,008
C ₂ (nM/l)	10,6	13,9	0,0440	1,0
C ₄ (nM/l)	0,9	1,7	0,0080	0,1
C ₄ iso (nM/l)	2,3	3,8	0,0007	0,2

Nivel 17 = 17% de PB. Nivel 14+P = 14% de PB con la adición de proteasas. C₂ = ácido acético. C₄ = ácido butírico. C₄ iso = iso butírico. NH₃ = amoníaco. BS= base seca.

Figura 56: Efecto del nivel proteico en los ácidos grasos volátiles totales del ciego



17% = 17% de proteína bruta. 14% + Proteasas = 14% de proteína bruta con la adición de proteasas

Efecto de la fuente proteica en las dietas restringidas en proteínas con agregado de proteasas.

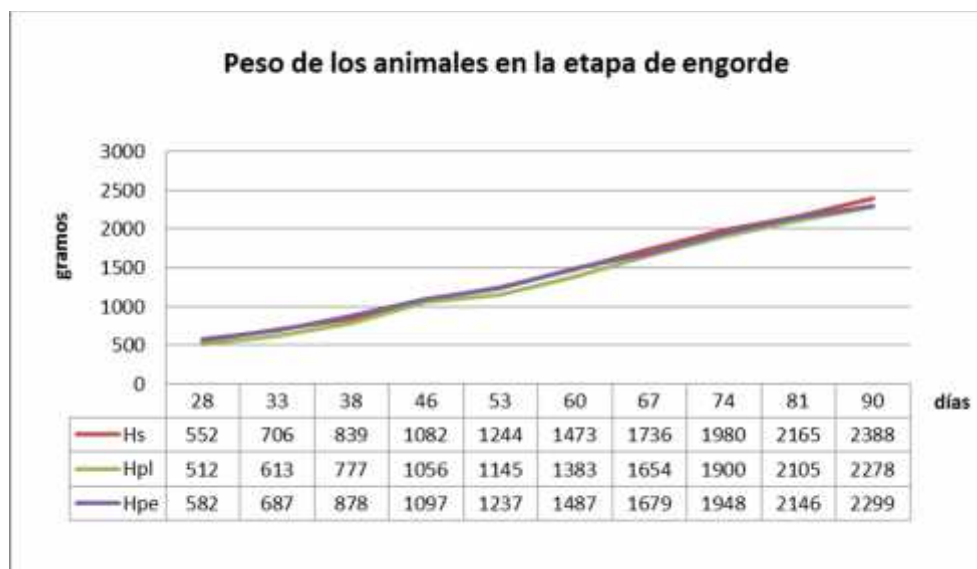
En la Tabla 41 se muestra, comparativamente, el efecto de las tres diferentes fuentes proteicas (harina de soja, harina de pluma hidrolizada y harina de pescado) utilizadas en las dietas restringidas en proteína con adición de proteasas, sobre el ADPV (aumento diario de peso vivo) y el peso de los conejos desde destete a faena (Figura 57). Solo existieron diferencias significativas en el peso de los animales a los 33 y 38 días de edad, con menores valores para los alimentados con harina de pluma hidrolizada, como se muestra en la tabla 31.1. En la última etapa del engorde y en la faena, si bien se mantuvo la misma tendencia, los pesos no resultaron estadísticamente diferentes ($p>0,05$) para ninguna de las fuentes proteicas evaluadas.

Tabla 41: Efecto de la fuente proteica para dietas restringidas en proteína con adición de proteasas, sobre el peso (g) y ritmo de crecimiento de los conejos desde el destete al sacrificio.

<i>Parámetro</i>	<i>Fuente Proteica</i>			<i>Probabilidad</i>	<i>Error</i>
	HS	HPI	HPe		
ADPV (g/d)	24,6	25,2	25,1	0,9061	1,1
Peso destete	552	512	582	0,1245	24
Peso 33 días	706a	613b	687a	0,0294	26
Peso 38 días	839ab	777a	878b	0,0328	27
Peso 46 días	1082	1056	1097	0,5451	27
Peso 53 días	1244	1145	1237	0,1457	40
Peso 60 días	1473	1383	1487	0,1464	40
Peso 67 días	1736	1654	1679	0,4408	45
Peso 74 días	1980	1900	1948	0,5359	51
Peso 81 días	2165	2105	2146	0,7586	59
Peso de faena (90 días)	2388	2278	2299	0,5236	73

HS= harina de soja. HPI= harina de pluma. HPe= harina de pescado. ADPV = aumento diario de peso vivo.

Figura 57: Evolución del peso vivo de los conejos desde destete a faena en función de la fuente proteica para dietas restringidas en proteína con adición de proteasas.



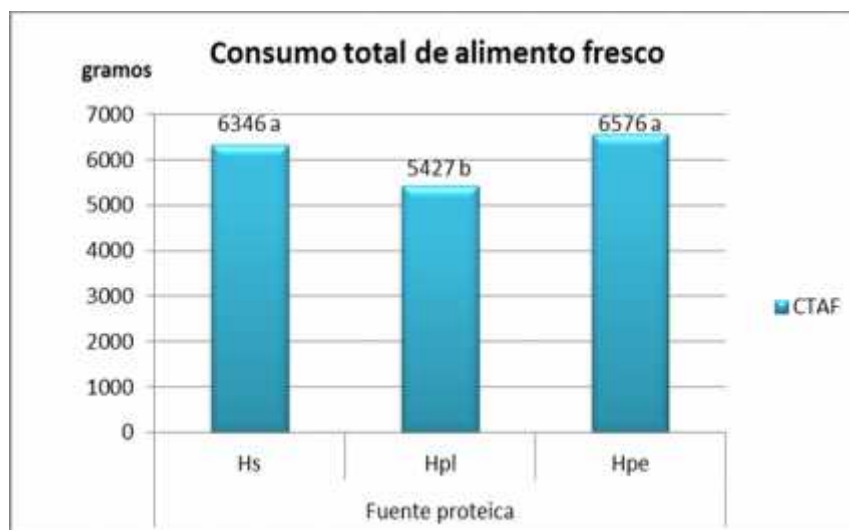
En cuanto al consumo de materia seca (diario y total), se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, con un menor consumo en la dieta con harina de pluma hidrolizada, consecuente con los menores pesos de los animales. Estas diferencias no se observaron en el índice de conversión alimenticia (tabla 42 y Figura 58).

Tabla 42: Efecto de la fuente proteica para dietas restringidas en proteína con adición de proteasas, en el consumo de alimento (gramos/día) e índice de conversión alimenticia (%MS)

Parámetro	Fuente Proteica			Probabilidad	Error
	S	PI	Pe		
CDMS (g)	97a	82b	102a	0,0126	5
ICA (%MS)	3,4	3,1	3,6	0,0830	0,2

HS= harina de soja. HPI= harina de pluma. HPe= harina de pescado. CDMS = consumo diario de materia seca expresado en gramos. ICA = índice de conversión alimenticia

Figura 58: Efecto de la fuente proteica en el consumo total de alimento fresco (g)



CTAF= consumo total de alimento fresco. Hs= harina de soja. Hpl= harina de pluma hidrolizada. Hpe= harina de pescado.

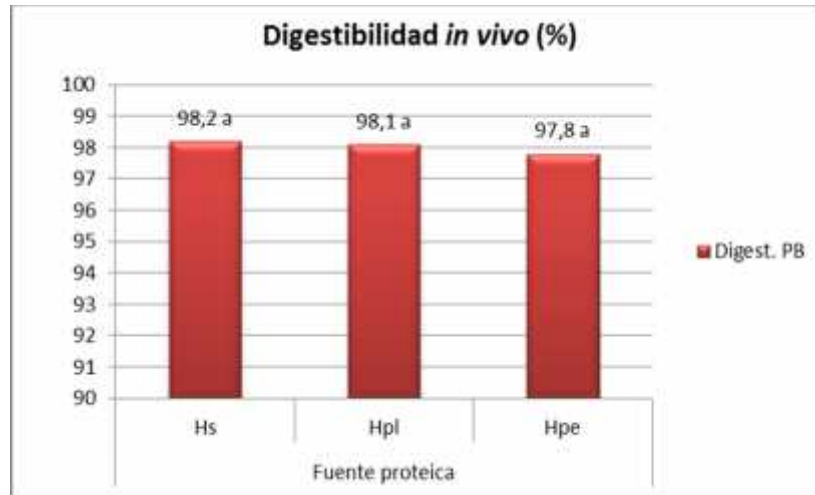
En la tabla 43 se muestra el efecto de la fuente proteica de las dietas 14%PB+proteasas sobre la digestibilidad *in vivo*. Ninguno de los parámetros evaluados evidenció diferencias significativas; en particular, la digestibilidad de la proteína bruta mostró valores muy similares entre sí ($p > 0,01$) (Figura 59), como lo observado en la Tabla 32.1.

Tabla 43: Efecto de la fuente proteica para dietas restringidas en proteína con adición de proteasas sobre la digestibilidad *in vivo* de la materia seca total, de la fibra y de la proteína (%)

Parámetro	Fuente Proteica			Probabilidad	Error
	S	PI	Pe		
Dig. MST	71,3	70,5	68,2	0,3332	1,5
Dig. FDA	13,3	13,1	14,2	0,7639	1,1
Dig. FDN	39,7	35,0	34,0	0,2923	2,6
Dig. PB	98,2	98,1	97,8	0,2712	0,2

HS= harina de soja. HPI= harina de pluma. HPe= harina de pescado. MST= materia seca total. FDA= fibra detergente ácido. FDN= fibra detergente neutro. PB= proteína bruta

Figura 59: Efecto de la fuente proteica en la digestibilidad *in vivo* de la proteína bruta de las dietas de engorde de conejos restringidos en proteína con adición de proteasas



Digest. PB= digestibilidad de la proteína bruta. Hs= harina de soja. Hpl= harina de pluma hidrolizada. Hpe= harina de pescado.

La tabla 44 muestra el efecto de la fuente proteica (Harina de soja, pluma y pescado) en dietas restringidas en proteína con adición de proteasas, sobre el rendimiento y principales parámetros de faena, no observándose diferencias significativas en ninguno de ellos ($p > 0,05$).

Tabla 44: Efecto de la fuente proteica en dietas restringidas en proteína con adición de proteasas, sobre el rendimiento y parámetros de faena expresados en % del peso vivo (%PV)

<i>Parámetro</i> (%PV)	<i>Fuente Proteica</i>			<i>Probabilidad</i>	<i>Error</i>
	S	PI	Pe		
% CC	57,8	57,6	56,7	0,3578	0,5
Sangre	2,1	2,0	2,2	0,5863	0,1
Piel y zampas	17,9	18,1	18,1	0,9363	0,4
Visceras llenas	20,6	20,7	20,7	0,9429	0,5
Estómago lleno	5,6	5,2	5,0	0,2090	0,3
Estómago vacío	1,15	1,10	1,10	0,4833	0,03
Ciego lleno	6,5	6,7	6,3	0,5927	0,3
pH ciego	6,12	6,24	6,12	0,6321	0,1

HS= harina de soja. HPI= harina de pluma. HPe= harina de pescado. CC= carcasa caliente

Los parámetros de calidad de carcasa se muestran en la tabla 45. La fuente proteica de la dieta (Harina de soja, pluma y pescado), no influyó ni en el rendimiento de carcasa fría ni en los principales componentes de la carcasa, no observando diferencias significativas en ninguno de los parámetros analizados ($p > 0,05$).

Tabla 45: Efecto de la fuente proteica en dietas restringidas en proteína con adición de proteasas sobre la composición de la carcasa de referencia (%CR)

<i>Parámetro</i> (%CR)	<i>Fuente Proteica</i>			<i>Probabilidad</i>	<i>Error</i>
	S	PI	Pe		
CF (%)	56,5	56,7	55,7	0,3615	0,5
% CR/CF	80,1	79,4	80,1	0,5697	0,5
PPR	1,3	0,9	1,1	0,2258	0,1
Cabeza	10,5	10,7	11,1	0,4260	0,3
Grasa I	0,64	0,62	0,78	0,3789	0,08
Grasa V	3,1	3,0	2,6	0,2944	0,2
Otra grasa	1,0	0,6	0,7	0,2469	0,2
Hígado	6,5	6,8	5,9	0,3603	0,4
Riñones	1,08	1,12	1,14	0,4485	0,03

HS= harina de soja. HPI= harina de pluma. HPe= harina de pescado. CF= carcasa fría. CR= carcasa de referencia. PPR= pérdidas por refrigeración. Grasa I= grasa interescapular. Grasa V= grasa visceral.

La Tabla 46 muestra el efecto de la dieta sobre algunos parámetros cuantitativos de la calidad de carcasa relacionados con el contenido de carne. Para ninguno de los parámetros evaluados se evidenciaron diferencias significativas en función de la fuente proteica ($p > 0,05$).

Tabla 46: Efecto de la fuente proteica de dietas restringidas en proteína con adición de proteasas sobre las características de la carne

<i>Parámetro</i>	<i>Fuente Proteica</i>			<i>Probabilidad</i>	<i>Error</i>
	S	PI	Pe		
Relación carne/hueso	4,4	4,1	4,0	0,1788	0,1
Peso lomo derecho	67,5	70,1	64,6	0,5780	3,7
Lomo (%CR)	11,9	12,3	11,5	0,3179	0,4
Peso muslo derecho	191,1	188,7	183,9	0,7003	6,1
Muslo (%CR)	33,9	33,8	34,2	0,6910	0,4

HS= harina de soja. HPI= harina de pluma. HPe= harina de pescado. CR= carcasa de referencia

La tabla 47 muestra el efecto de la fuente proteica de dietas restringidas en proteína con adición de proteasas sobre las pérdidas de cocción y dureza de la carne, no evidenciándose diferencias significativas para ninguno de ellos ($p>0,05$).

Tabla 47: Efecto de la fuente proteica de dietas restringidas en proteína con adición de proteasas sobre las pérdidas de cocción y dureza de la carne

<i>Parámetro</i>	<i>Fuente</i>			<i>Probabilidad</i>	<i>Error</i>
	S	PI	Pe		
Fuerza de corte muslo (g/cm^2)	1,11	1,14	1,11	0,9214	0,06
Perdidas de cocción muslo ($\text{ml } 100\text{g}^{-1}$)	6,05	8,22	7,96	0,2101	0,6

HS= harina de soja. HPI= harina de pluma. HPe= harina de pescado.

En la Tabla 48 se presentan los valores medios para el pH y los parámetros colorimétricos (L^* , a^* , b^* y el cálculo de C^*), observados a las 24 h *post-mortem*, en el muslo y lomo derechos.

Solo para el pH del muslo se observaron diferencias significativas ($p < 0,01$) entre las fuentes proteicas, con el mayor valor para la dieta con harina de pescado y el menor valor para la dieta con harina de pluma hidrolizada.

Respecto a los parámetros colorimétricos, tanto la luminosidad como los índices del rojo (a^*) y del amarillo (b^*) medidos en el lomo mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las dietas con harina de pescado y harina de pluma hidrolizada. En el muslo, todos los parámetros colorimétricos mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en función de la dieta presentando los mayores valores en las dietas con harina de soja y harina de pluma y los menores valores en la dieta con harina de pescado.

Tabla 48: Efecto de la fuente proteica en dietas restringidas en proteína con adición de proteasas sobre el pH y parámetros colorimétricos de la carne

Parámetro	Fuente			Probabilidad	Error
	S	PI	Pe		
Muslo					
pH	5,83a	5,77b	5,91c	0,0018	0,02
a*	10,1a	9,8a	8,1b	0,0122	0,5
b*	4,0a	3,5a	2,5b	0,0019	0,3
C*	10,9a	10,0a	8,4b	0,0053	0,5
L*	51,7a	51,4a	48,3b	0,0017	0,7
Lomo					
pH	5,67	5,69	5,71	0,1545	0,02
a*	7,0ab	8,1a	6,7b	0,0380	0,4
b*	0,2ab	0,8a	-0,5b	0,0477	0,4
C*	7,6	8,3	6,9	0,1100	0,4
L*	55,7ab	57,5a	54,2b	0,0037	0,6

HS= harina de soja. HPI= harina de pluma. HPe= harina de pescado. L*= luminosidad; a*= índice del rojo; b*= índice del amarillo. C*= croma ($C=\sqrt{(a^*)^2+(b^*)^2}$)

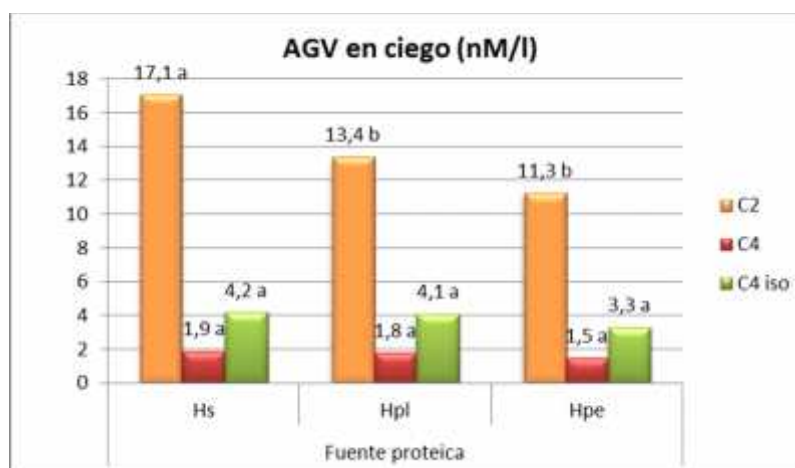
El efecto de la fuente proteica sobre la composición de los ácidos grasos volátiles (AGV, nM/l) y el contenido de amoníaco del ciego (24h pos faena) se muestra en tabla 49 y Figura 60. De todos los AGV evaluados (acético, butírico e iso-butírico), sólo el ácido acético presentó diferencias significativas según la fuente proteica de la dieta, con el mayor valor de media en los ciegos de los animales alimentados con harina de soja (17,1 nM/l), seguidos por los de harina de pluma hidrolizada (13,4 nM/l) y los de harina de pescado (11,3 nM/l) sin diferencias estadísticamente significativas entre éstos últimos.

Tabla 49: Efecto de la fuente proteica en dietas restringidas en proteína con adición de proteasas sobre la composición de los AGV (nM/l) del ciego

Parámetro	Fuente Proteica			Probabilidad	Error
	S	PI	Pe		
NH3 (g/100gBS)	0,05	0,06	0,07	0,6309	0,01
C ₂ (nM/l)	17,1a	13,4b	11,3b	0,0035	0,9
C ₄ (nM/l)	1,9	1,8	1,5	0,5680	0,3
C ₄ iso (nM/l)	4,2	4,1	3,3	0,1653	0,3

HS= harina de soja. HPI= harina de pluma. HPe= harina de pescado. C2 = ácido acético. C3 = ácido propiónico. C4 = ácido butírico. C4 iso = iso butírico. NH3 = amoníaco. BS= base seca.

Figura 60: Efecto de la fuente proteica en la composición de ácidos grasos volátiles del ciego.



CDMS= consumo diario de materia seca. Hs= harina de soja. Hpl= harina de pluma hidrolizada. Hpe= harina de pescado.

CAPÍTULO VI

Discusión y conclusiones

Discusión Primer ensayo: Harina de pluma hidrolizada con dos niveles proteicos.

Los resultados obtenidos en el primer ensayo experimental muestran que, las diferentes fuentes de proteínas utilizadas en las dietas (harina de carne o harina de pluma hidrolizada) no modificaron significativamente a los parámetros productivos en general los que en cambio, resultaron influenciados significativamente por el nivel de proteína de la dieta, manifestados a las edades de 61 y 68 días.

En coincidencia con lo estudiado por van Heugten y van Kempen (2002) a partir de un ensayo realizado en cerdos en crecimiento donde se probaron distintos porcentajes de inclusión de harina de pluma hidrolizada, las dietas con bajo porcentaje de inclusión (4%) no mostraron efectos negativos en los parámetros productivos, arrojando valores similares a la dieta testigo (0%). Lo mismo puede observarse con las dietas del presente ensayo conteniendo un 3% de harina de pluma hidrolizada.

Adejumo y Onifade (2005), en conejos alimentados con dietas con un 14 y 18% de harina de pluma (FM), mostraron una disminución en el consumo y obtuvieron menores ganancias diarias de peso en comparación con los animales testigos (dieta con 10% de FM); los conejos alimentados con la dieta con harina de pluma del presente ensayo, tuvieron un mayor consumo de alimento comparados con los de la dieta testigo (0%). Las diferencias en

los resultados encontrados en los dos ensayos podría deberse a los diversos % de inclusión de la harina de pluma hidrolizada; en particular, un bajo porcentaje de inclusión no llegaría a afectar la palatabilidad del alimento balanceado, siendo éste, el principal problema del bajo consumo (Fialho y col., 1982; Szu y col., 2004; Van Heugten y Van Kempen, 2002; Apple y col., 2003, Bauza y col, 2007).

Si bien se observó un mayor consumo de materia seca diaria en los animales alimentados con harina de pluma respecto al de los conejos con dieta testigo (harina de carne), estas diferencias significativas no se reflejaron en el índice de conversión, a pesar de que las dietas con harina de pluma tuvieron, numéricamente, peor índice que la dieta testigo (4,2 vs. 3,8; $p > 0.05$). En cuanto al nivel de proteína de la dieta y teniendo en cuenta la excreción de N en heces, ésta se redujo significativamente en la dieta baja en proteína en comparación con los conejos alimentados con dieta alta en proteína, en coincidencia a lo expuesto por Maertens y col. (1997). No se observaron diferencias significativas en la excreción de nitrógeno en heces para la fuente proteica, excretándose cantidades similares de N en las dietas control y con harina de pluma dentro del mismo nivel proteico. Éste resultado difiere de lo mostrado por van Heugten y van Kempen (2002) en cerdos, quienes observaron que la excreción de N aumentaba con niveles crecientes de harina de pluma en la dieta. Estas diferencias en la excreción de N en las dos especies, aún con bajos porcentajes de inclusión de harina de pluma, podrían deberse a que el conejo reaprovecha mejor el N con las bacterias del ciego y el mecanismo de la cecotrofia.

Teniendo en cuenta los parámetros de calidad de carcasa analizados, las únicas diferencias encontradas para la fuente proteica fue un mayor rendimiento de carcasa caliente y fría y mejor relación carne/hueso para las dietas con harina de carne demostrando que esta fuente proteica favoreció el desarrollo muscular en comparación con la harina de pluma hidrolizada. A partir de los datos de composición de aminoácidos esenciales de ambas fuentes proteicas (INRA 2004), se observa que la harina de carne se ajusta más a las necesidades del conejo ya que posee mayor contenido de lisina (Lys), metionina (Met),

histidina (His) y triptófano (Trp), los cuales son una limitante en la harina de pluma hidrolizada (McCasland, 1965; Moran y col., 1966; Wessels, 1972; Luong y Payne, 1977; Liu y col., 1989) y podría explicar en parte, el diferencial desarrollo muscular.

En cuanto a la influencia del bajo o alto nivel proteico de las dietas sobre el crecimiento de los animales, si bien a los 60 días de edad se observó una diferencia significativa en el peso a favor de los alimentados con mayor contenido de proteína (17%), como era de esperar debido a los mayores requerimientos proteicos en las primeras fases del crecimiento, las dietas de bajo contenido proteico (14%), menor que el recomendado en la bibliografía (15.5% de PB, Lebas, 1989), no mostraron diferencias con el control al momento de faena. Las dietas con 14% de PB, con adecuado contenido de aminoácidos esenciales, cubrieron los requerimientos para el crecimiento de los conejos en la etapa de engorde por lo que las diferencias observadas a los 60 días no se mantuvieron hasta el momento de faena. Éstos resultados coinciden con lo observado por Maertens y col., (1997, 1998) quienes demostraron que los conejos alimentados con dietas bajas en proteínas mostraron un crecimiento compensatorio durante el engorde (etapa con menores requerimientos proteicos), logrando similares pesos a la edad de faena (75 días).

El efecto del bajo nivel de proteína en la disminución de la ingestión mostrada por Lebas y Ouhayoun (1987), no fue evidenciada en este experimento. Sólo se observó un mayor consumo de materia seca diaria en los animales alimentados con harina de pluma, probablemente para lograr ingerir el adecuado nivel de aminoácidos limitantes o proteína requerida por no tener la harina de pluma la composición de aminoácidos ideal y un mejor índice de conversión alimenticia en las dietas con mayor contenido proteico (17%) del mismo modo que lo observado por Cossu (1998) y Chamorro (2005). Esta mejora en el índice de conversión alimenticia en las dietas más proteicas, podría deberse a que el consumo diario de materia seca en dichas dietas fue menor aunque sin que estas diferencias resultasen estadísticamente significativas.

En la digestibilidad aparente de los nutrientes, se encontró una mayor digestibilidad de la materia seca total, la proteína bruta y la fibra detergente ácido en las dietas con mayor contenido proteico. Respecto a la digestibilidad de la proteína, los resultados encontrados difieren de lo observado por Chamorro y col. (2005), quienes encontraron que al reducir el nivel proteico de la dieta, se incrementaba la digestibilidad aparente de la misma de 81,3% a 83,5%, en las dietas de 18,9% y 16,2% de PB respectivamente. Las diferencias encontradas en la variación de la digestibilidad proteica con estos autores, podrían deberse al menor contenido proteico de las dietas del presente ensayo (17 y 14% vs 18,9 y 16,2%). Este menor contenido proteico ensayado (por debajo de las recomendaciones), llevó a la necesidad de formular las dietas con un mayor contenido de fibra, lo cual explicaría no solo la menor digestibilidad de dichas dietas, sino también el mayor peso de vísceras probablemente a causa de un tránsito digestivo más lento.

En coincidencia con lo observado por Ouhayoun (1989), la administración post-destete de alimentos caracterizados por un nivel de proteína menor al recomendado (15.5% de PB, Lebas, 1989) dio lugar a un empeoramiento de los rendimientos a la faena, atribuible al deterioro del rendimiento de producción en las primeras etapas de crecimiento. Otros autores (Lebas y Ouhayoun, 1987) también observaron que la administración temprana de dietas bajas en proteínas resultó en una desaceleración del desarrollo muscular del conejo y favoreció un crecimiento muscular compensatorio en la última fase de engorde, posponiendo el inicio de la fase de terminación con la adipogénesis prevalente. Probablemente, estos menores rendimientos a la faena en los animales con dietas restringidas en proteína no se hubieran observado si la edad a la faena hubiera sido mayor, como fuese propuesto por Cossu (1998).

La composición de la dieta influyó significativamente en la fisiología digestiva de los animales, lo que podría explicar también los menores rendimientos a la faena, ya que se observó un mayor peso de vísceras llenas, estómago lleno y vacío y ciego lleno en las dietas con menor porcentaje de proteína bruta. De acuerdo con Carabaño y col. (2010) el

desarrollo del sistema digestivo del conejo aumenta conforme a la edad, peso y alimentación. Una explicación posible al aumento del contenido estomacal y visceral en las dietas menos proteicas (14%) podría ser una disminución en el tránsito gastrointestinal (Guidenne, 1994) a causa de la menor digestibilidad encontrada en dichas dietas. Sin embargo, esto no afectó el volumen de ingesta para las dietas con diferente nivel proteico.

El pH cecal y el N amoniacal en ciego no fueron afectados ni por el nivel, ni la fuente proteica. Los valores de amoníaco del ciego coinciden con los establecidos por Bellier (1994), como compatibles con un desarrollo microbiológico correcto (en promedio = 5.6 ± 3.0 mmol/l). Los valores de ácidos grasos volátiles totales encontrados en ciego son similares a los valores inferiores establecidos como normales por la bibliografía (50-85 mmol/l; Piattoni y col., 1995; Padilha y col., 1995; Gidenne, 1996b; Jehl y Gidenne, 1996; Gidenne y col., 1998; Falcao y Cunha y col., 2004; Maertens y col. 2004) con diferencias significativas en el contenido de acético y butírico, arrojando valores superiores en las dietas con mayor contenido proteico. Este aumento en la producción de AGV totales también podría ser consecuencia de la disminución en el tránsito gastrointestinal que deriva en un mayor tiempo para la acción de las bacterias del ciego.

Ninguna de las dietas influyó significativamente sobre el valor de pH del muslo, lo que coincide con los resultados publicados en la literatura (Bernardini y col., 1995; Dalle Zotte y col., 1995; Cossu, 1998), dando en promedio un valor de 5,81. Dalle-Zotte y col. (2014), Volek y col. (2014) y Bautista y col. (2015) obtuvieron promedios similares en el genotipo Nueva Zelanda X California (5.90 ± 0.08 , en músculo *Longissimus dorsi*).

Si bien muchos autores (Bernardini Battaglini y col., 1995; Dalle Zotte y col., 1997; Maertens y col., 1998, Cossu, 1998) han demostrado que el efecto de la dieta es muy modesto en los parámetros de color de la carne, en este estudio se observaron diferencias significativas en los índices de rojo y amarillo dando mayores valores en los animales alimentados con mayor contenido proteico, debido probablemente a una diferente relación PD/ED de las dietas con los trabajos mencionados. Esta diferencia en la relación PD/ED podría explicar el mayor

desarrollo muscular de las dietas con 17% de PB influenciando de esta manera la intensidad de los parámetros colorimétricos.

En general, respecto a la calidad de carcasa, la evaluación subjetiva del color, la conformación y el estado de engrasamiento estuvieron poco influenciados tanto por las fuentes como por los niveles proteicos, obteniéndose valores acordes con los citados en la bibliografía como de 'buena evaluación comercial' de la canal (Dalle Zotte y Ouhayoun 1998).

El nivel de proteína influyó significativamente en las pérdidas por cocción del muslo, las dietas con mayor contenido proteico aumentaron la retención de agua en los músculos y, en consecuencia, limitaron las pérdidas por cocción en comparación con las dietas con menos proteínas (8.9 vs 10.1%). Otros autores (Maertens y col., 1998, Cossu, 1998) también observaron una tendencia similar, con mayores pérdidas de líquido celular y cocción en carne de conejo alimentada con dietas con menor relación de PD / ED.

Discusión segundo ensayo: Harina de pescado con dos niveles proteicos.

Los indicadores productivos en general, no mostraron diferencias significativas en cuanto a la fuente proteica utilizada para la alimentación, obteniendo valores similares en las dietas con harina de pescado respecto al control (harina de carne). Castillo Ramirez (1992) demostró que el reemplazo de la harina de soja por la harina de pescado en un 3, 6 y 9%, mejoró la ganancia diaria de peso, el consumo de alimento y la conversión alimenticia de lechones, logrando los mayores valores con la dieta del 9%. Este resultado podría sugerir, que en las dietas para conejos sería necesario aumentar el porcentaje de reemplazo de harina de pescado (mayor a 3%) para observar diferencias significativas. Esta fuente de proteína alternativa, a diferencia de la harina de pluma, generalmente tiene elevados niveles de aminoácidos esenciales como lisina, metionina y triptofano, lo que la hace ser una buena fuente de proteína para monogástricos. La calidad superior de la proteína de la harina de

pescado comparada con proteínas de origen vegetal ha sido demostrada por Pond y Haner, (1984).

En cuanto a la digestibilidad de las dietas, en coincidencia con lo observado por Sánchez y Ochoa (2016), en su estudio realizado con ensilado de pescado en dietas para cerdos y aves, las dietas con mayores valores de digestibilidad de la proteína bruta fueron las formuladas con harina de pescado.

Si bien la restricción proteica de la dieta (14%), al igual que en el ensayo anterior, influyó significativamente en la fisiología digestiva de los animales dando como resultado un mayor peso de vísceras llenas y de ciego vacío, estas diferencias no modificaron el rendimiento a la faena, dando valores similares de carcasa caliente y fría en todas las dietas. Del mismo modo a lo observado en el primer ensayo, el mayor llenado de las vísceras en las dietas restringidas en proteína, podría deberse al tránsito digestivo más lento debido a una menor digestibilidad de la materia seca total en estas dietas, aunque no se hayan evidenciado diferencias estadísticamente significativas para este parámetro.

A diferencia de lo observado por Bernardini Battaglini y col. (1995); Xiccato y col. (1994); Dalle Zotte y col. (1995) y Cossu (1998), que muestran escasa influencia de las dietas sobre los valores de pH de la carne en animales faenados a los 85 días de edad, las dietas del presente ensayo tuvieron influencia sobre los valores de pH del muslo, mostrando mayor valor promedio para las dietas con harina de pescado comparada con la dieta testigo (5,62 vs. 5,58), siendo sin embargo, valores menores al valor promedio establecido por dichos autores (5,81). Estos menores valores de pH de la carne podrían deberse a la mayor edad a la faena de los animales (95 días), asociada al momento de finalización de dicho ensayo que coincidió con la época primavera-estival (temperaturas crecientes), (Ramírez Télles 2005).

A diferencia de los resultados obtenidos por Maertens y col. (1998), donde las dietas con una relación PD / ED más baja dieron lugar a valores más altos de L^* , en este ensayo se observaron mayores valores de luminosidad ($p < 0,05$) en muslo en las dietas con 17% de proteína bruta (PD/ED media 46 vs 40,2 para dietas 17 y 14% respectivamente) y un mayor

valor en el índice del amarillo en el lomo ($p > 0,05$) que sin embargo, no afectó la saturación del color. Estas diferencias en la luminosidad del muslo y en el índice del amarillo del lomo son difíciles de explicar ya que interfieren otros parámetros como edad de los animales, retención de agua, pH, errores analíticos, etc y no se evidenciaron en los demás parámetros colorimétricos de la carne.

En cuanto a la oxidación lipídica, en coincidencia con lo observado por Lamanna y col. (2013 a,b), se obtuvieron mayores valores en la carne de conejos alimentados con harina de pescado, debido al mayor contenido de ácidos grasos de cadena larga preformados en esta fuente proteica comparada con la de harina de carne. A diferencia de lo observado en bibliografía con dietas ricas en ácidos grasos de cadena larga (Dal Bosco y col. 2004, Lamanna y col. 2013c, Cossú y Capra, 2014) donde se ve un incremento del omega 3 y una disminución de la relación $n6/n3$, acá no se evidenciaron diferencias significativas, probablemente por el bajo porcentaje de inclusión de la harina de pescado.

Las dos fuentes proteicas resultaron suficientes para cubrir los requerimientos de los conejos, y similares en cuanto a calidad nutritiva por lo que no se observaron grandes diferencias en la mayoría de los parámetros productivos y de calidad de res y carne analizados.

Discusión Tercer ensayo: Adición de proteasas en dietas con bajo nivel proteico.

En coincidencia con lo estudiado por varios autores en distintas especies (Ravindran, 2010; De Blas y col., 2003, García y col., 2006), los efectos de la adición de proteasas en las dietas fueron mayores y significativos en la primer etapa del engorde (hasta los 60 días de edad para nuestro ensayo) ya que se trata de animales jóvenes cuya capacidad digestiva se encuentra limitada debido al desarrollo incompleto del sistema enzimático del tracto gastrointestinal. Adicionalmente, se registró un menor porcentaje de mortalidad, tal como lo

encontrado por García y col. (2006), en conejos de cría comercial en dietas con adición de enzimas respecto a la dieta testigo. En cuanto a la fuente proteica utilizada en las dietas experimentales, a diferencia de estos autores que compararon harina de soja y de girasol observando mayor mortalidad con soja, la dieta con mejor respuesta en el presente ensayo (menor porcentaje de mortalidad) fue la de harina de soja, comparada con harina de pluma y harina de pescado (12,5%, 18,7% y 15,6% respectivamente). Este menor porcentaje de mortalidad observado en el ensayo en las dietas con harina de soja, podría deberse a la acción de las proteasas adicionadas que resultaron más beneficiosas en esta dieta respecto a la de pescado y harina de pluma. De hecho, teniendo en cuenta lo planteado por De Blas y col. (2003) en cuanto a que las materias primas que poseen factores antinutritivos (como la harina de soja) incrementan el flujo ileal de proteína al ciego favoreciendo el desarrollo de bacterias potencialmente patógenas y la mortalidad de los gazapos destetados, la adición de las proteasas a esta dieta con harina de soja logró disminuir efectivamente este flujo ileal, sumado al hecho que probablemente, habiéndose utilizado un preparado enzimático comercial, podría pensarse que se ajustaron mejor al perfil proteico de la soja (fuente proteica mayormente utilizada en las dietas comerciales).

A diferencia de lo reportado por Yu y col. (2007) a partir de la inclusión de una mezcla comercial de proteasas en dietas con bajos porcentajes de proteína bruta en pollos en engorde, donde los animales suplementados con proteasas tuvieron mejor ganancia de peso corporal hasta faena que los no suplementados, si bien los conejos mostraron mayores ganancias de peso en las dietas con proteasas entre los 45 y 60 días de edad, estas diferencias no se evidenciaron en el aumento diario de peso vivo en la segunda fase de la etapa del engorde. Del mismo modo y a diferencia de lo observado por estos autores y Thacker (2005) en pollos en engorde, no se evidenciaron mejoras en el índice de conversión alimenticia en el presente ensayo. Estas diferencias respecto a lo observado en nuestro ensayo podrían deberse principalmente a la diferencia entre especies ya que en el pollo, al tener un ciclo de producción más corto, el efecto de la inclusión de proteasas se manifiesta

en toda su etapa de engorde mientras que el conejo llega a compensar las diferencias encontradas al inicio del crecimiento durante la última fase del periodo de engorde, caracterizada por un menor requerimiento proteico respecto al de crecimiento.

Las mayores ganancias de peso obtenidas en el presente ensayo hasta los 60 días de edad, no fueron observadas por Galeano Díaz (2017) probablemente debido a las diferentes edades de los conejos en el inicio de los respectivos ensayos (28 días vs. 40 días), lo que se explicaría por una mayor incidencia de la inclusión de proteasas en animales más jóvenes. Lo antedicho coincide con lo propuesto por Ravindran (2010), en cuanto a que los beneficios potenciales de la adición de enzimas serán mayores cuando el sistema digestivo sea más simple, como ocurre en animales jóvenes, ya que tienen una capacidad enzimática digestiva menos desarrollada que los animales adultos. Estudios en cerdos y aves han demostrado que los beneficios de la suplementación enzimática de las dietas disminuyen con la edad de los animales.

Si bien algunos autores (Cowieson y Bedford, 2009; Cowieson, 2010), establecieron que la incorporación de enzimas endógenas puede no estar asociada con cambios en la digestibilidad ileal o total del tracto digestivo, el agregado de proteasas a las dietas con 14%PB en conejos, arrojó valores superiores de digestibilidad de la materia seca total en comparación con los no suplementados. No obstante, no se observaron diferencias en la digestibilidad de la proteína bruta logrando resultados similares en las dietas de 17%PB que en las de 14%PB más proteasas, en coincidencia con lo observado por Yu y col. (2007) en pollos en engorde.

Por otra parte, del mismo modo que en los ensayos anteriores para las dietas con 14%PB, se observó un mayor peso de vísceras llenas, estómago vacío y ciego lleno en conejos que consumieron las dietas con menor porcentaje de proteína bruta adicionadas con proteasas en comparación con la dieta con mayor porcentaje de proteína bruta. Este mayor peso de las vísceras llenas observado en los animales alimentados con dietas adicionadas con proteasas, podría ser consecuencia de un tránsito gastrointestinal más lento debido al

mayor contenido de fibra indigestible en las dietas restringidas en proteína; esto podría explicar también, la mayor producción de acético y butírico observada en dichas dietas.

Al adicionar proteasas en las dietas con menor porcentaje proteico, pudo probablemente, producirse un aumento en la hidrólisis proteica a nivel intestinal lo que determinó el consiguiente aumento de la absorción de aminoácidos. Este aumento en la incorporación nitrogenada podría ser la causa de una sobrecarga renal y un aumento en el tamaño de los riñones observado en estas dietas aunque, no habiéndose estudiado el efecto a nivel fisiológico, lo antedicho queda a modo de hipótesis a probar.

En cuanto a la fuente proteica, los animales alimentados con harina de soja presentaron los mayores valores de ácido acético en ciego comparados con los de harina de pluma y de pescado, probablemente debido a una mayor digestibilidad de la materia seca total de dicha fuente con el agregado de la proteasa (71,3-70,5-68,2 % respectivamente).

En coincidencia con lo observado por Galeano Díaz (2016), no se observaron diferencias significativas en las pérdidas por cocción y la fuerza de corte del musculo *Longissimus dorsi* de conejos alimentados con dietas con inclusión de proteasas. En cuanto al color y pH de la carne, a diferencia de lo observado por esta autora quién no encontró diferencias significativas en ninguno de los parámetros al incluir la proteasa a la dieta, se observó una menor luminosidad y un mayor índice del rojo en los animales con adición de proteasas, esto podría deberse a la mayor edad a la faena de los animales del presente ensayo (90 días vs. 80 días). Además, Pla y col. (1998) mostraron que los valores colorimétricos (parámetros L* a* y b*) varían de acuerdo a la zona del músculo donde se haga la lectura lo que podría explicar algunas diferencias encontradas en distintos ensayos en cuanto a los parámetros colorimétricos de la carne de conejo. Podría suponerse que variaciones en el lugar de determinación colorimétrica resultarían en valoraciones diferentes, lo que hace que la comparación de resultados sea difícil. En cuanto a la fuente proteica, los animales alimentados con harina de pescado presentaron una carne con menor saturación del color

(tanto en lomo como en muslo) y con menores valores en los índices del rojo y amarillo, comparados con los de harina de pluma y harina de soja.

Conclusiones

En cuanto a las dietas utilizadas en el primer ensayo, se puede concluir que los niveles y las fuentes de proteínas comparadas no han tenido mayores influencias en el rendimiento de la producción, en la composición de la canal y en la calidad de la carne de los conejos. Sin embargo, las características químico-nutricionales de la dieta se continuarán evaluando, no solo en términos de bienestar económico y animal, sino también de impacto ambiental, ya que las dietas con diferente nivel proteico determinan grandes variaciones en la excreción total de nitrógeno.

En ausencia de bibliografía sobre el efecto del uso de harina de pluma hidrolizada en dietas para conejos sobre la productividad y la calidad de la carcasa y la carne y, de acuerdo con los resultados obtenidos, no parece haber ninguna contraindicación con respecto a su inclusión en la dieta en porcentajes bajos (3-4%), siempre que se cubran los requerimientos de aminoácidos digestibles. Por lo tanto la decisión de utilizar esta fuente alternativa dependerá del precio de la misma al momento de la formulación de la dieta.

Si bien los rendimientos a la faena fueron menores en las dietas restringidas en proteína, los parámetros de calidad de carne no fueron afectados. Estos niveles de proteína bruta de 14%, menores a los recomendados hasta el presente, permitieron niveles de producción similares a los obtenidos con un nivel de 17% de proteína bruta gracias al efecto de crecimiento compensatorio. Por otra parte, se logró una menor excreción de N en heces al

ambiente y una probable disminución de los costos del alimento balanceado al reducir el componente proteico de la ración, sin afectar los parámetros productivos en general.

Las evaluaciones realizadas permitieron calificar a la dieta con harina de pluma hidrolizada (fuente proteica alternativa) como adecuada para el crecimiento y terminación de los animales sacrificados con fines comerciales y ventajosa desde el punto de vista económico; su utilización dependerá de su disponibilidad y de los objetivos buscados.

En el segundo ensayo (harina de pescado como fuente proteica alternativa y dos niveles proteicos), no se observaron diferencias significativas en los indicadores productivos y de calidad de carcasa, tanto para nivel proteico como para fuente proteica. Del mismo modo que en el primer ensayo, la utilización de niveles de proteína bruta de 14%, permitió niveles de producción similares a los obtenidos con un nivel de 17% de proteína bruta gracias al efecto de crecimiento compensatorio de los conejos. Asimismo, en los parámetros de calidad de carne no se detectó, al nivel de inclusión del 3% en la dieta, una mejora en la composición de ácidos grasos de la carne con la incorporación de harina de pescado. Por lo tanto, la utilización de una u otra fuente proteica, en las concentraciones utilizadas, dependerá del costo y disponibilidad al momento de la formulación.

Se propone continuar con la investigación tanto en el aumento del porcentaje de inclusión de harina de pescado como en el uso de otros residuos, por ejemplo, el ensilado de pescado, ya que posee una calidad nutricional similar a la harina pero de menor costo.

En el tercer ensayo, con la adición de proteasas en tres fuentes de proteína, una de uso comercial (soja) y dos fuentes alternativas (harina de pescado y de pluma hidrolizada), se lograron buenos resultados productivos y de calidad de carne, notando una baja dependencia sustrato-enzima salvo para el caso de la soja, evidenciado en la menor mortalidad para esa dieta. Para el caso de las dietas restringidas en proteína, la adición de esta proteasa comercial, permitió obtener parámetros productivos similares a la dieta testigo considerando la totalidad del periodo del engorde, con menor porcentaje de mortalidad y mejores resultados de digestibilidad total de la materia seca. La suplementación con

proteasas en las dietas de conejos en engorde redujo los valores de mortalidad en esta etapa probablemente a través de una disminución de las cantidades de nutrientes que llegan al área de fermentación. Con estas dietas, no solo se minimizan los trastornos digestivos, sino también, la contaminación ambiental al mejorar la digestibilidad de la materia seca total. En este sentido, desde el punto de vista nutricional y medioambiental, se lograría mejorar la sostenibilidad del sistema productivo a largo plazo, utilizando raciones que mejoren la eficiencia de utilización de los nutrientes (fuente y nivel de inclusión), reduciendo así la carga mineral en las heces.

Por otra parte, al utilizar dietas restringidas en proteína (componente de mayor relevancia en los costos de una formulación), podría suponerse una mayor sostenibilidad del sistema desde el punto de vista económico.

En conclusión, la utilización de niveles de proteína bruta de 14%, menores a los recomendados hasta el presente, permitió niveles de producción similares a los obtenidos con un nivel de 17% de proteína bruta gracias al efecto de crecimiento compensatorio de conejos faenados a 90-95 días de edad. De esta manera se lograría disminuir el costo de producción del alimento balanceado sin afectar la productividad con la consecuente mejora en la disminución de la excreción de N, reduciendo los niveles de contaminación ambiental de un establecimiento de cría intensiva. A su vez, en dietas restringidas en proteína con la adición de proteasas, no sólo se mantuvieron los parámetros productivos sino que disminuyó la mortalidad postdestete.

El uso de las fuentes proteicas alternativas ensayadas, particularmente aquellas que se producen localmente, permite opciones diferenciales al momento de formular dietas para conejos sin variaciones en sus parámetros productivos y de calidad de carne generando una mayor disponibilidad de alimentos que no compitan con los utilizados para la alimentación humana.

Bibliografía

- A.O.A.C. (Association of official analytical chemists) .Official methods of analysis. AOAC: Arlington, Supplement March 1996.
- A.O.A.C. (Association of official analytical chemists). Official methods of analysis (16th edn). AOAC: Arlington, Supplement VA USA 1995.
- A.O.A.C. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 14th Ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC. 1984.
- Acosta A, Cárdenas M. Enzimas en la alimentación de las aves. Fitasas. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 2006, vol. 40, no 4.
- Adejumo DO, Onifade AA. Effects of graded levels of feather meal as a dietary protein source on growth performance, haematology, serum chemistry and clinical enzyme activities in rabbits. An International Journal of Agricultural Sciences, Sciences, Environment and Technology. 2005; ISSN: 1595 – 9694. ASSET Series A (2005) 5 (1): 129-138.
- Aispuro JAM, Alcorta MJG, Romero LAM, Domínguez SC, Domínguez RMC. Sustitución de aceite de soya por aceite de atún en la dieta de pollos como alternativa para enriquecer la carne con ácidos grasos omega-3. Interciencia, 2016; 41(12), 851-856.
- Aliaga L. Producción de cuyes. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo. 1979; 327 p.

- Antonini AG. Estrategia genética y objetivos de selección en conejos para carne. Ed.Acad.Española. ISBN 978-3-639-60400-9; 2016; 104
- Antonini AG. Tesis Doctoral. Estrategia genética de producción, aptitud biológica y objetivos de selección de conejos para carne. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Plata. 2007
- Apple J, Boger C, Brown D, Maxwell C, Friesen W, Roberts W, Johnson Z. Effect of feather meal on live animal performance and carcass quality and composition of growing-finishing swine. *Journal of Animal Science*. 2003; 81: 172-781.
- Areche N, Berenz Z, León G, FAO. Desarrollo de ensilado de residuo de pescado utilizando bacterias lácticas de yogurt en engorde. Segunda Consulta de Expertos sobre Tecnología de Productos Pesqueros en América Latina, 441. 1992.
- Avdalov N, Barlocoo N, Bauza R, Bertullo E, Corengia C, Giacommeti L, Panucio A. Evaluation of biological fish silage in feed for fattening pigs. Spanish. FAO. 1992.
- Ayanwale BA. SAn evaluation of hydrolysed feather meal as a protein source in rabbit diets. *Res. J. Biol. Sci*. 2006; 1, 32-35.
- Barlow SM, Windsor ML. Fishery byproducts. In: M. Rechcigl, Jr. (Ed.) *CRC Handbook of Nutritional Supplements. Volume E. Agricultural Use*. 1983; pp 253-272. CRC Ress, Inc., Boca Raton, FL.
- Bautista JH, López JLA, Ortiz AP. Rendimiento de la canal, color de la carne y evolución del pH muscular en conejos. *Nacameh*, 2015; 9(2), 66-76.
- Bauza R, Bratschi C, González A, Hirigoyen A, Scaglia L, Sierra F. Evaluación de la inclusión de dos tipos de hidrolizados de plumas en dietas de credos en engorde. *Arch. Latinoam. Prod. Anim*, 2007; 15(Supl 1), 385.
- Bedford MR, Partridge GG. (Eds.). *Enzymes in farm animal nutrition*. CABI. 2010.

- Bellier R. Controle nutritionnel de l'activitè fermentaire caecale chez le lapin. These de Doctotat, Institut National Polytechnique, Toulouse, (Francia). 1994; 115 págs.
- Belmar R. Importancia de los factores antinutricionales en la alimentación de animales no rumiantes. In congreso de veterinaria (10: 2001: Trujillo) Memorias del X congreso de veterinaria. Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Medicina veterinaria Zootecnia. 2001; (pp. 34-54).
- Berchiche M, Kadi SA, Lebas F. Valorisation of wheat by-products by growing rabbits of local algerian population. In: Proc. 7th World Rabbit Congress, Valencia, Spain, 2000; Vol. C, 119-124.
- Berenz Z. Ensilado de residuos de pescado. Procesamiento de Ensilado de Pescado. XIV Curso Internacional de Tecnología de Procesamiento de Productos Pesqueros. 1998; 7, 18-70.
- Bernardini Battaglini M, Castellini C, Lattaioli P. Rabbit carcass and meat quality. Effect of strain-rabbitry and age. Italian Journal of Food Science (Italy). 1994.
- Blasco A, Ouhayoun J. "Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. Revisal proposal". World Rabbit Science. 1996; 4 (2), 93-99.
- Boletín Anual de Conejos. Principales indicadores del Sector. Secretaría de Agroindustria, Ministerio de Producción y Trabajo, Presidencia de la Nación. 2018; https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/conejos/informes/Anuarios/_archivos//000001_Anuario%202018%20Informaci%C3%B3n%20de%20Conejos.pdf
- Branckaert R, Finzi A, Morisse JP, Sanchez M. " La Cuniculture peut-elle représenter une production animale d'avenir pour les Pays a faible revenu, déficitaires en produits viviers". 1996.

- Brown D, Apple J, Maxwell CV, Friesen KG, Rodas BZ, Johnson ZB. Efficacy of feather meal for improving gain, feed efficiency and carcass composition in growing finishing pigs. Research Series, Arkansas Agricultural Experiment Station. 2000; 130 - 133.
- Bruggink JHB. Utilización de concentrados de proteína de soja en dietas de animales jóvenes. En: Curso de especialización de la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal – FEDNA. (10º: 1993; Barcelona) Memorias del IX curso de especialización FEDNA.
- Bustamante J. Producción de cuyes. Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. 1993; 259 p
- Carabaño R, Badiola I, Chamorro S, García J, García-Ruiz AI, García-Rebollar P, Gomez-Conde MS, Gutiérrez I, Nicodemus N, Villamide MJ, de Blas JC. New trends in rabbit feeding: influence of nutrition on intestinal health. Spanish Journal of Agriculture Research. 2008; 6 (Sp. Iss.), 15–25.
- Carabaño R, de Blas C, García AI. Recent advances in nitrogen nutrition in rabbits. World Rabbit Science. 2000; 8, 14–28.
- Carabaño R, Fraga MJ, de Blas JC. Effect of protein source in fibrous diets on performance and digestive parameters of fattening rabbits. Journal of Applied Rabbit Research. 1989; 12, 201–204.
- Carabaño R, Fraga MJ, Santomá G, de Blas JC. Effect of diet on composition of caecal contents and on excretion and composition of soft and fard feces of rabbits. Journal of Animal Science. 1988; 66, 901–910.
- Carabaño R, Fraga MJ. The use of local feeds for rabbits. Options Méditerranéennes, Série Séminaires. 1992; 17, 141-158.

- Carabaño R, Merino JM. Effect of ileal cannulation on feed intake, soft and hard faeces excretion throughout the day in rabbits. In Proc. 6th World Rabbit congress, Toulouse. 1996; (pp. 121-126).
- Carabaño R, Motta-Ferreira W, de Blas JC, Fraga MJ. Substitution of sugarbeet pulp for alfalfa hay in diets for growing rabbits. *Animal Feed Science and Technology*. 1997; 65, 249–256.
- Carabaño R, Piquer J, de Blas C, Wiseman J. The nutrition of the rabbit. C. de Blas and J. Wiseman. 1998.
- Carabaño R, Piquer J, Menoyo D, Badiola I. The digestive system of the rabbit. In: Nutrition of the rabbit. de Blas C. (ed). Univesidad Politenica, Madrid, J. Wiseman, University of Nottingham, 2010; UK: 1-18a.
- Carabaño R, Villamide MJ, García J, Nicodemus N, Llorente A, Chamorro S, Menoyo D, García- Rebollar P, García-Ruiz AI, de Blas JC. New concepts and objectives for protein-amino acid nutrition in rabbits: a review. *World Rabbit Science*. 2009; 17, 1–14.
- Carabaño R, Villamide MJ, García J, Nicodemus N, Llorente A, Chamorro S, Menoyo D, García- Rebollar P, García-Ruiz, AI, De Blas JC. New concepts and objectives for protein-amino acid nutrition in rabbits. In: Xiccato, G., Trocino, A. and Lukefahr, S.D. (eds) Proceedings of the 9th World Rabbit Congress, Verona. Fondazione Iniziative Zooprofilattiche e Zootecniche, Brescia, Italy. 2008; pp. 135–155.
- Castillo Ramírez RO. Evaluación de diferentes niveles de harina de pescado, cobre y lisina sintética en dietas para lechones destetados tempranamente. Tesis de Grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo, Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.

- Chamorro S, Gómez Conde MS, Pérez De Rozas AM, Badiola I, Carabaño R, De Blas C. Efecto del nivel y tipo de proteína en piensos de gazapos sobre parámetros productivos y salud intestinal. XXX Symposium de Cunicultura: Valladolid. 2005; pags. 135-142. 19 y 20 de mayo.
- Chamorro S, Gómez-Conde MS, Centeno C, Carabaño R, de Blas JC. Effect of dietary sodium on digestibility of nutrients and performance in growing rabbits. *World Rabbit Science*. 2007; 15, 141–146.
- Chanmugam P, Boudreau M, Boutte T, Park RS, Hebert J, Berrio L, Hwang DH. Incorporation of different types of n-3 fatty acids into tissue lipids of poultry. *Poultry Sci*. 1992; 71:516–521.
- Cheeke PR. Alimentación y nutrición del conejo. *Fisiología de la digestión*. 1995; Pg. 17-38.
- Cheeke PR. Potentials of rabbits production in tropical and subtropical agricultural systems. *J. Anim. Sci*. 1986; 63, 1581–1586.
- Cheeke PR. *Rabbit Feeding and Nutrition*. Academic Press Inc., Orlando, Florida. 1987.
- Chiba LI, Ivey HW, Cummins KA, Gamble BE. Effect of hydrolyzed feather meal as a source of extra dietary nitrogen on growth performance and carcass traits of finisher pigs. *Animal Feed Science and Technology*. 1995; 53(1): 1-16.
- Chor WK, Lim LS, Shapawi R. Evaluation of feather meal as a dietary protein source for African catfish fry, *Clarias gariepinus*. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 2013; 8(6), 697-705.
- CIE. Colour System. Commission International de l'Eclairage. CIE, p. 231 Publication 36, Paris. 1976.

- Combes S, Dalle Zotte A. La viande de lapin: valeur nutritionnelle et particularités technologiques. In: Proceedings of 11èmes Journées de la Recherche Cunicole. 2005 ; Paris, France, pp. 167–180.
- Corring T. The adaptation of digestive enzymes to the diet – its physiological significance. *Reproduction, Nutrition, Development*. 1980; 20, 1217–1235.
- Cortés MM. Efecto de la suplementación proteasa en dietas de pollo de engorde con niveles crecientes de inhibidores de tripsina effect of protease supplementation in broiler diets with increasing levels of trypsin inhibitors. *Revista colombiana de zootecnia*, 2015; 46.
- Cossú ME, Capra G. Valor nutritivo de la carne de conejo y su potencial como alimento funcional. *Tecnología de producción de conejos para carne*. 2014.
- Cossú ME. Tesis Doctoral. Effetto di alcuni fattori nutrizionali sulla quantità della carcassa e della carne di coniglio. Università Degli Studi di Milano. Facoltà di Medicina. 1998; Pgs. 73-105.
- Cowieson AJ, Bedford MR. The effect of phytase and carbohydrase on ileal amino acid digestibility in monogastric diets: complementary mode of action? *World's Poultry Science Journal*. 2009; 65, 609–624.
- Cowieson AJ. Strategic selection of exogenous enzymes for corn-based poultry diets. *Journal of Poultry Science*. 2010; 47, 1–7.
- Cunha TJ, Cheeke PR. *Rabbit feeding and nutrition*. Elsevier. 2012.
- D'Mello JPF. Antinutritional factors and mycotoxins. *Farm animal metabolism and nutrition*. 2000; 383.

- Dal Bosco A, Castellini C, Bianchi L, Mugnai C. Effect of dietary linolenic acid and vitamin E on the fatty acid composition, storage stability and sensory traits of rabbit meat. *Meat Science*, 2004; 66: 407-413.
- Dalle Zotte A, Ouhayoun J. Effect of genetic origin, diet and weaning weight on carcass composition, muscle physicochemical and histochemical traits in the rabbit. *Meat science*, 1998; 50(4), 471-478.
- Dalle Zotte A, Parigi Bini R, Xiccato G, Simionato, S. Proprieta tecnologiche e sensoriali della carne di coniglio. *Rivista di coniglicoltura*, 1995; 32 (1): 33-39.
- Dalle Zotte A. Avantage diététiques. Le lapin doit apprivoiser le consommateur. *Viandes Produits Carnés* 23, 1-7. 2004.
- Dalle Zotte A. Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality. *Livestock Production Science*. 2002 ; 75, 11-32.
- Dalle-Zotte A, Cullere M, Sartori A, Dal Bosco A, Gerencsér ZS, Sartori A, Dal Bosco A, Gerencsér ZS, Matics ZS, Kovács M, Szendro ZS. Effect of dietary supplementation of Spirulina (*Arthrospira platensis*) and Thyme (*Thymus vulgaris*) on carcass composition, meat physical traits, and vitamin B12 content on growing rabbits. *World Rabbit Sci*. 2014; 22: 11-19.
- De Blas Beorlegui C, Wiseman J. (Eds.). *Nutrition of the Rabbit*. 2010. CABI.
- De Blas Beorlegui C, García J, Carabaño R. Avances en nutrición de conejos. In XXVII Simposium de cunicultura: Reus, 29, 30 y 31 de mayo de 2002 (pp. 83-92). Asociación Española de Cunicultura (ASESCU).
- De Blas Beorlegui C, Rebollar PG. Tamaño de partícula de los forrajes en la alimentación de vacas lecheras y conejos: bases fisiológicas y recomendaciones. In *Avances en Nutrición y Alimentación Animal: IX Curso de Especialización FEDNA*. 1993; (pp. 11-30). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal.

- De Blas C, Martín NN, García J, Carabaño R. Utilización de enzimas en piensos de conejos. *Cunicultura*, 2003; 28(163), 149-153.
- De Blas JC, Fraga M, Rodriguez J. Units for feed evaluation and requirements for commercially grown rabbits. *Journal of Animal Science*. 1985; 60, 1021–1028.
- De Blas JC, Taboada E, Nicodemus N, Campos R, Piquer J, Méndez J. Performance response of lactating and growing rabbits to dietary threonine content. *Animal Feed Science and Technology*. 1998; 70, 151–160.
- Divakala K. Amino acid supplementation of hydrolyzed feather meal for finisher pig diets (Doctoral dissertation). 2008.
- Ehrlein HJ, Ruoff G. Cecal motility and flow of ingesta from the ileum to the cecum, appendix, and colon in rabbits. 1982.
- Eiben CS, Gippert T, Gódor-Surmann K, Podmaniczky B, Kustos K. Influence of dietary protein reduction an enzyme and/or amino acid supplementation on fattening performance of rabbits. 9th World Rabbit Congress – Verona – Italy June 10-13, 2008.
- El-Mandy MR, Salem FA, El-Homeland YM. Effect of Kemzyme in rabbit rations differing in their protein levels on digestion, blood constituents and carcass traits. In: Proc. 3rd Sci. Conf. Rabbit Prod. in Hot Climates, 2002 October, Hurghada, Egypt, 495-505. 2002.
- Enser M, Hallett K, Hewitt B, Fursey GAJ, Wood JD. Fatty acid content and composition of English beef, lamb and pork at retail. *Meat Science*. 1996; 42, 443–456.
- Ensminger ME, Olentine CG. Feeds and nutrition. The Ensminger Publishing Company. California 1978; 682 p.

- Esteve-Garcia E, Rael O, Jiménez G. Eficacia de Toyocerin en conejos de engorde XXXSYMPOSIUM de CUNICULTURA. Valladolid, pags. 85-90. 19 y 20 de mayo de 2005.
- Falcao-e-Cunha L, Peres H, PB Freire J, Castro-Solla L. Effects of alfalfa, wheat bran or beet pulp, whit or whitout sunflower oil, on caecal fermentation and on digestibility in the rabbit. Anim. Feed Sci. Technol. 2004; 117: 131-149.
- FAO. El conejo: cría y patología (Colección FAO: Producción y sanidad animal, N° 19) ISBN 92-5-303441-6. 1996
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Base de datos estadística, <http://faostat.fao.org>. 2010
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Base de datos estadística, <http://faostat.fao.org>. 2014
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Base de datos estadística, <http://faostat.fao.org>. 2017
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Base de datos estadística, <http://faostat.fao.org>. 2018
- FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture. Food and agriculture organization of the united nations. 2008
- FEDNA. http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/harina-de-pescado-70913 2018.
- FEDNA. http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/harina-de-pescado-671015-actualizado-nov-2012
- Fialho E, Gomes P, Ferreira A, Protas J, Ribeiro A. Farinha de pena e visceras hidrolisadas em racoes de suinos. EMBRAPA. 1982; Comunicado técnico N° 35. 1-3.

- Forsythe SJ, Parker DS. Ammonia-nitrogen turnover in the rabbit caecum and exchange with plasma urea-N. *British Journal of Nutrition*. 1985c; 54, 285–292.
- Forsythe SJ, Parker DS. Nitrogen metabolism by the microbial flora of the rabbit caecum. *Journal of Applied Bacteriology*. 1985a; 58, 363–369.
- Forsythe SJ, Parker DS. Urea turnover and transfer to the digestive tract in the rabbit. *British Journal of Nutrition*. 1985b; 53, 183–190.
- FOX RR. "Geneticsoftherabb". *Proceedings World Lagomorph Conference*. Guelph. 1979; 9-15.
- Fraga MJ, Pérez P, Carabaño R, de Blas JC. Effect of type of fiber on the rate of passage and on the contribution of soft feces to nutrient intake of finishing rabbits. *Journal of Animal Science*. 1991; 69, 1566–1574.
- Friggens NC, Oldham JD, Dewhurst RJ, Horgan G. Proportions of volatile fatty acids in relation to the chemical composition of feeds based on grass silage. *J. Dairy Sci.* 1998; 81:1331-1344.
- Galeano Diaz JP. *Comportamiento Productivo Y características De La Canal De Conejos En Crecimiento-Finalización Alimentados Con Dietas Suplementadas Con Un Proteasa (Bacillus Licheniformis)* (Doctoral dissertation). 2017.
- García AI, de Blas JC, Carabaño R. Comparison of different methods for nitrogen and amino acid evaluation in rabbit diets. *Animal Science*. 2005; 80, 169–178.
- García AI, de Blas JC, Carabaño R. Effect of type of diet (casein-based or protein-free diet) and caecotrophy on ileal endogenous nitrogen and amino acid flow in rabbits. *Animal Science*. 2004; 79, 231–240.

- García AI, de Blas JC, Carabaño R. Effect of type of diet (casein-based or protein-free diet) and caecotrophy on ileal endogenous nitrogen and amino acid flow in rabbits. *Animal Science*. 2004; 79, 231–240.
- García AI, García J, Corrent E, Chamorro S, García-Rebollar P, De Blas JC, Carabaño R. Effect of rabbit age, type of protein and feed enzyme addition on the apparent dry matter and crude protein digestibility of rabbit feed. In: Proc. 11èmes Journées de la Recherche Cunicole, 2005 November, Paris, France, 197-200. 2005.
- García J, Carabaño R, Pérez Alba L, de Blas JC. Effect of fiber source on cecal fermentation and nitrogen recycled through cecotrophy in rabbits. *Journal of Animal Science*. 2000; 78, 638–646.
- García J, de Blas JC, Carabaño R, García P. Effect of type of lucerne hay on caecal fermentation and nitrogen contribution through caecotrophy in rabbits. *Reproduction, Nutrition and Development*. 1995; 35, 267–275.
- García J, García AI, García Rebollar P, De Blas JC, Carabaño R. Effects of source of protein and enzyme supplementation on performance of fattening rabbits. *World Rabbit Sci*. 2006; 14, 59.
- García J, Nicodemus N, Carabaño R, de Blas JC. Effect of inclusion of defatted grape seed meal in the diet on digestion and performance of growing rabbits. *Journal of Animal Science*. 2002; 80, 162–170.
- García-Palomares J, Carabaño R, García-Rebollar P, De Blas JC, Corujo A, García-Ruiz AI. Effects of a dietary protein reduction and enzyme supplementation on growth performance in the fattening period. *World Rabbit Sci*. 2006; 14, 231-236.
- Ghazi S, Rooke JA, Galbraith H, Bedford MR. The potential for the improvement of the nutritive value of soya-bean meal by different proteases in broiler chicks and broiler cockerels. *British Poultry Science*. 2002; 43, 70–77.

- Gidenne T, Bellier R, Van Eys J. Effect of the dietary fibre origin on the digestion and on the caecal fermentation pattern of the growing rabbit. *Anim. Sci.* 1998c; 66, 509-517.
- Gidenne T, Carabaño R, García J, De Blas C. 5 Fibre Digestion. *Nutrition of the Rabbit*, 2010; 140, 66.
- Gidenne T, Carabaño R, García J, De Blas JC. Fibre Digestion. En: *The Nutrition of the Rabbit*. CAB. 1998; International pp: 69-88.
- Gidenne T, Fortun-Lamothe L. Feeding strategy for young rabbits around weaning: a review of digestive capacity and nutritional needs. *Animal Science*. 2002; 75, 169–184.
- Gidenne T, Jehl N. Replacement of starch by digestible fibre in the feed for the growing rabbit. 1. Consequences for digestibility and rate of passage. *Animal Feed Science and Technology*. 1996; 61, 183–192.
- Gidenne T, Perez JM. Effect of dietary starch origin on digestion in the rabbit. 2. Starch hydrolysis in the small intestine, cell wall degradation and rate of passage measurements. *Animal Feed Science and Technology*. 1993; 42, 249–257.
- Gidenne T, Poncet C, Lapanouse A. Digestion, chez le lapin en croissance, d'une ration a taux eleve de constituants parietaux: etude methodologique pour le calcul de digestibilite apparente, par segment digestif. In *Annales de zootechnie*. 1985; (Vol. 34, No. 4, pp. 429-446).
- Gidenne T. Effets d'une reduction 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. *Reproduction Nutrition Development*. 1994; 34, 295–307.
- Gidenne T. Fibres in rabbits feeding for digestive troubles prevention: respective role of low-digested and digestible fibre. *Livestock Production Science*. 2003; 81, 105-117.

- Gidenne T. Ileal digestibility measures an caulated rabbit. In: WRSA (ed.) Proceedings of the 4th World Rabbit Science Association, volume 3. Budapest, Hungary, 1988; pp.345–350.
- Goering HK, Van Soest PJ. Forage fiber analysis. Agricultural handbook no. 379. US Department of Agriculture, Washington, DC, 1-20. 1970.
- González Pérez, A. Valor nutritivo de plumas tratadas por dos métodos para la alimentación de cerdos en crecimiento. 2009.
- Gray IA, Pearson AM. Raridity and warmed-over flavour. En: Pearson, A. M.; Dutson T. R., (eds), *Advansed in Meat Research.*, Vol: 3. Van Nostrand Reinhold Company, New York. 1987.
- Gutiérrez I, Espinosa A, García J, Carabaño R, de Blas JC. Effect of source of protein on digestion and growth performance of early-weaned rabbits. *Anim. Research.* 2003; 52, 461-472.
- Haffar A, Laval A, Guillou JP. Entérotoxémie à *Clostridium spiroforme* chez des lapins adultes. *Le Point Vétérinaire*, 1988; 20, 99-102.
- Hampton M. Fish processing - past, present and future. *Food Flavourings, Ingredient, Processing.* 1981; Packaging 3:21.
- Hargis PS, van Elswyck ME, Hargis BM. Dietary modification of yolk lipid with menhaden oil. *Poultry Sci.* 1991; 70:874–883.
- Harrap BT, Woods EF. Soluble derivatives of feather keratin. 1. Isolation, fractionation and amino acid composition. *Biochemical journal*, 1964; 92(1), 8.
- Hermida M, Gonzalez M, Miranda M, Rodríguez-Otero JL. Mineral analysis in rabbit meat from Galicia (NW Spain). *Meat Science.* 2006; 73, 635–639.

- Hernández P, Dalle Zotte A. Influence of diet on rabbit meat quality. Nutrition of the rabbit, 2010; CABI, 163-178.
- Hernández P, Gondret F. In Rabbit advances in rabbit sciences. Edited by L. Maertens and P. Coudert. ILVO 2006; Chapter 5.1 Rabbit Meat quality, pg 269.
- Hernández P. Carne de conejo, ideal para dietas bajas en ácido úrico. Revista Científica de Nutrición. 2007.
- Hoover WH, Heitmann RN. Cecal nitrogen metabolism and amino acid absorption in the rabbit. Journal of Nutrition. 1975; 105, 245–252.
- http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/harina-de-pescado-70913
- Huo GC, Fowler VR, Inbarr J, Bedford MR. The use of enzymes to denature antinutritive factors in soybean. In: 2nd Workshop on ANFs in Legume Seed, Wageningen, the Netherlands. 1993; paper 60.
- Huyghebaert G. Incorporation of Polyunsaturated fatty acids in egg yolk fat at varying dietary fat levels and composition. Arch. Geflügelkd. 1995; 59(2):145–152.
- INRA. Tablas de composición y de valor nutritive de las materias primas destinadas a los animals de interés ganadero. Cerdos, aves, bovinos, caprinos, conejos, caballos y peces. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, Barcelona, México. 2004
- IPCVA. Instituto de Promoción de la Carne Vacuna Argentina. Estadísticas. Consumo 2019. <http://www.ipcva.com.ar/vertext.php?id=964>
- Irlbeck NA. How to feed the rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) gastrointestinal tract. Journal of Animal Science, 2001; 79(suppl_E), E343-E346.

- Jakob S, Mosenthin R, Sauer WC. Carbohydrates and exocrine pancreatic secretions in pigs. In: Pierzynowski, S.G. and Zabielski, R. (eds) *Biology of the Pancreas in Growing Animals*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 1999; pp. 361–370.
- Jhel N, Gidenne T. Replacement of starch by digestible fibre in the feed for the growing rabbit. 2. Consequences for microbial activity in the caecum and on incidence of digestive disorders. *Anim. Feed Sci. Tech.* 1996; 61: 193-204.
- Kinsella JE, Lokesh B, Stone RA. Dietary n-3 polyunsaturated fatty acid and amelioration of cardiovascular disease: possible mechanisms. *J. Food. Sci. Technol.* 1990; 52:1–28.
- Kjaer JB, Jensen JA. Perinal fat, carcass conformation, gain and feed efficiency of growing rabbits as affected by dietary protein and energy content. *World Rabbit Science.* 1997; 5 (3), 93-97.
- Knapp HR. Effects of dietary fatty acids on blood pressure: epidemiology and biochemistry. Pages 94–106 in: *Health Effects of Dietary Fatty Acids*. Gary J. Nelson, ed. American Oil Chemistry Society, Champaign, IL. 1991.
- Komarek AR, Robertson JB, Van Soest PJ. Comparison of the filter bag technique to conventional filtration in the Van Soest Analysis of 21 feeds. In: *Proc. Natl. Conf. on Forage Quality, Evaluation and Utilization*, Lincoln, NE. p 78. 1994.
- Lamanna ML, Cossu ME, Gambetti P, Picallo A, Basso L, Landa A. Efecto de la dieta rica en omega 3 sobre la calidad física y sensorial de muslos de conejos. 36° Congreso Argentino de Producción Animal. 1-4 de octubre, Corrientes. Argentina. 2013b.
- Lamanna ML, Cossú ME, Gambetti P, Picallo A, Basso L, Landa A. Influencia del uso de algas y vitamina E como antioxidantes en dietas de conejo rica en omega 3. Datos no publicados. 2013c.

- Lamanna ML, Cossu ME, Gambetti P, Picallo A, Lazzari G, Guevara G. Calidad de lomos de conejos provenientes de dietas ricas en omega 3. 36° Congreso Argentino de Producción Animal. 1-4 de octubre, Corrientes. Argentina. 2013a.
- Lang J. The Nutrition of the Comercial Rabbit. 1. Physiology, digestibility and nutrient requirements. Nutrition Abstract and Reviews. 1981; 51: 197-225.
- Lata Péres OR. Evaluación de Enzimas Exógenas en la Alimentación de Cerdos en la Etapa de Crecimiento (Bachelor's thesis). 2011.
- Lata Péres OR. Evaluación de Enzimas Exógenas en la Alimentación de Cerdos en la Etapa de Crecimiento (Bachelor's thesis). 2011.
- Latshaw JD. Quality of feather meal as affected by feather processing conditions. Poultry Science, 1990 ; 69(6), 953-958.
- Lebas F, Coudert P, Rouvier R, de Rochambeau H. El conejo. Cría y patología. Colección FAO: Producción y salud animal, No. 19. 1996; Roma. 269p. ISBN 92-5-303441-6.
- Lebas F, Ouhayoun F. 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. 1987; 36:421-432.
- Lebas F, Ouhayoun J. Effect of dietary protein level, rearing environment and season on growth and carcass traits in rabbit. Ann. Zoot. 1987; 36, 4, 433-438.
- Lebas F. Besoins nutritionnels des lapins. Revue bibliographique et perspectives. Cuni-Sciences. 1989; 5, 1-28.
- Lebas F. Besoins nutritionnels des lapins. Revue bibliographique et perspectives. Cuni-Sciences. 1989 ; 5, 1-28.
- Lebas F. Proc. 2nd World Rabbit Congress. 1980; Vol. 2, 1-17.

- Lebas F. Reflections on rabbit nutrition with special emphasis on feed ingredients utilization. In: Becerril, C.M. and Pro, A. (eds) Proceedings of the 8th World Rabbit Congress, 2004; Puebla. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Spain, pp. 686–736.
- Lebas F. Reflections on rabbit nutrition with special emphasis on feed ingredients utilization. In: Becerril, C.M. and Pro, A. (eds) Proceedings of the 8th World Rabbit Congress, Puebla. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Spain, 2004; pp. 686–736.
- Lebas F. Reflections on rabbit nutrition with special emphasis on feed ingredients utilization. Main Paper: 8th World Rabbit Congress, 7-10 septiembre, Puebla. México CD-ROM. 2004.
- Liener AE. Enzymes in animal feeds - application technology and effectiveness In Proc. 12th Carolina Swine Nutrition Conference. 1996; Raleigh, N.1 (5) 22-33 Carolina, USA.
- Liu JK, Waibel PE, Noll SL. Nutritional evaluation of blood meal and feather meal for turkeys. Poultry science, 1989; 68(11), 1513-1518.
- Llorente A, García AI, Nicodemus N, Villamide MJ, Carabaño, R. Utilización de una nueva metodología para la determinación de la digestibilidad ileal aparente y real en la valoración nitrogenada de la harina de girasol en conejos. In: Proceedings of XI Jornadas sobre Producción Animal ITEA. Zaragoza, Spain. 2005; pp. 497–499.
- Lombardi-Boccia G, Lanzi S, Aguzzi A. Aspects of meat quality: trace elements and B vitamins in raw and cooked meats. Journal of Food Composition and Analysis. 2005; 18, 39–46.
- Lounaouci–Ouyed G, Lakabi-loualitene D, Berchiche M, Lebas F. Field Beans and brewer’s grains as protein source for growing rabbits in Algeria: firts results on growth and carcass quality. 9th World Rabbit Congress – Verona – Italy. 2008; pag. 723-728, June 10-13.

- Luong VB, Payne CG. Hydrolysed feather protein as a source of amino acids for laying hens. *British Poultry Science*. 1977; 18(5), 523-526.
- Maertens L, Aerts JM, de Boever J. Degradation of dietary oligofructose and inulin in the gastro-intestinal tract of the rabbit and the effects on caecal pH and volatile fatty acids. *World Rabbit Sci*. 2004; 12: 235-246.
- Maertens L, Cavani C, Luzi F, Capozzi F. 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. In: *Proceedings of 7èmes Journées de la Recherche Cunicole en France*, Lyon. ITAVI, Paris, France, 1998; pp. 163–166.
- Maertens L, Cavani C, Luzi F, Capozzi F. 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. *7èmes Journées de la Recherche Cunicole*, Lyon. 1998; pp: 163-166.
- Maertens L, Cavani C, Petracci M. Nitrogen and phosphorus excretion on commercial rabbit farms: calculations based on the input-output balance. *World Rabbit Science*. 2005; 13, 3–16.
- Maertens L, De Groote G. The effect of dietary protein-energy ratio and lysine content on the breeding results of does. *Archiv für Geflügelk*. 1988; 52,89-95.
- Maertens L, Luzi F, De Groote G. Effect of dietary protein and amino acids on the performance, carcass composition and N-excretion of growing rabbits. *Ann Zootech*. 1997; 46, 255-268.
- Maertens L, Luzi F. Effect of dietary protein dilution on the performance and N-excretion of growing rabbits. In: *Proc. 6th World Rabbit Congress*, 1996 July, Toulouse, France. 1998; Vol 1, 237-242.

- Maertens L, Salifou E. Feeding value of brewer's grains for fattening rabbits. *World Rabbit Sci.* 1997; 5, 161-165.
- Maertens L. Conocimientos actuales y recientes avances en nutrición del conejo. *Boletín de Cunicultura* N° 84. Marzo-Abril 1996.
- Maertens L. The diet dilution technique as alternative method to study protein (amino-acids) requirements of growing rabbits. In: *Proc. Joint Scientific Meeting WG1 and WG4. COST Action 848 and ECVAM, October 2002, JRC Ispra, Varese, Italy, pp 27. 2002.*
- MAGyP. Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca. Presidencia de la Nación. *Boletín Annual, Area Cunicultura, Diciembre 2013.*
- Mahmood T, Mirza MA, Nawaz H, Shahid M. Effect of different exogenous proteases on growth performance, nutrient digestibility, and carcass response in broiler chickens fed poultry by-product meal-based diets. *Livestock Science.* 2017; 200, 71-75.
- Marsman GJP, Gruppen H, Van der Poel AFB, Kwakkel RP, Verstegen MWA, Muzquiz JL. The role of probiotics in aquaculture. *Vet Microbiol.* 2006; 114(34), 173186Cavanagh.
- McCasland WE. Nutritive value of hydrolyzed feather meal. Master in Science Dissertation, 1965; Texas A&M University, College Station, TX., pp 46.
- Melton SL. "Methodology for following lipid oxidation in muscle foods. *Food Technology*, July, 1983; 105-111.
- Moran E, Summers J, Slinger S. Keratin source of protein for the growing chick. *Poultry Science*, 1966; 45:1255-1257
- Moran ET, Summers JD, Slinger SJ. Keratin as a source of protein for the growing chick. 1. Amino acid imbalance as the cause for inferior performance of feather meal and

the implication of disulfide bonding in raw feathers as the reason for poor digestibility. *Poultry Sci.* 1966; 45:1257–1266.

Mora-Valverde D. Usos de la morera (*Morus alba*) en la alimentación del conejo. El rol de la fibra y la proteína en el tracto digestivo. *Agronomía mesoamericana.* 2010; 21(2), 357-366.

Morisse JP, Boilletot E, Maurice R. Alimentation et modifications du milieu intestinal chez le lapin (AGV, NH₃, pH, flore). *Recl. Med. Vet.* 1985; 161,443-449.

Motta-Ferreira W, Fraga MJ, Carabaño R. Inclusion of grape pomace, in substitution for lucerne hay, in diets for growing rabbits. *Animal Science.* 1996; 63, 167–174.

Motta-Ferreira W, Fraga MJ, Carabaño R. Inclusion of grape pomace, in substitution for lucerne hay, in diets for growing rabbits. *Animal Science.* 1996; 63, 167–174.

Muzquiz M, Pedrosa M, Varela A, Guillamón E, Goyoaga C, Cuadrado C, Burbano C. Factores no-nutritivos en Fuentes Proteicas de Origen Vegetal. Su Implicación en Nutrición y Salud. *Brazilian Journal of Food Technology.* 2006; pp, 93-96. Bruhink, 1993).

Naber EC, Morgan CL. Feather meal and poultry meat scrap in chick starting rations. *Poultry Science.* 1956; 35(4), 888-895.

Naranjo VD, Rivadeneyra OM. Evaluación del suplemento proteasa (Poultry Grow 250TM) en dietas basadas en maíz, harina de soya y harina aviar para pollos de engorde. 2005.

Navarrete C, Martínez E. Rodenas L. Moya VJ, Pascual JJ, Blas E, Cervera E. Empleo de destilados de palma y de aceites de pescado en piensos de conejo. In *Proceedings of II Congreso Ibérico de Cunicultura.*, Vila Real, Portugal. 2007; pp.173-181.

- Nicodemus N, García J, Carabaño R, de Blas JC. Effect of inclusion of sunflower hulls in the diet on performance, disaccharidase activity in the small intestine and caecal traits of growing rabbits. *Animal Science*. 2002; 75, 237–243.
- Nicodemus N, Mateos J, de Blas JC, Carabaño R, Fraga MJ. Effect of diet on amino acid composition of soft faeces and the contribution of soft faeces to total amino acid intake, through caecotrophy in lactating doe rabbits. *Animal Science*. 1999; 69, 167–170.
- Nicodemus N. Recomendaciones sobre el nivel óptimo de inclusión de fibra: FND, fibra larga y lignina, en piensos de conejos de alta productividad. Doctoral thesis, Universidad Politécnica de Madrid, Spain. 2000.
- NRC. Nutrient Requirements of Rabbits. National Academy of Science, National Research Council, Washington, DC, USA. 1977.
- NRC. Vitamin Tolerance of Animals. National Academy of Science, National Research Council, Washington, DC, USA. 1987.
- Núñez-Torres OP. Los costos de la alimentación en la producción pecuaria. *Journal of the Selva Andina Animal Science*. 2017; 4(2), 93-94.
- Oliva E. Indicadores de Cunicultura. Dirección de Porcinos, Aves de Granja y No Tradicionales. Ministerio de Agroindustrias. Presidencia de la Nación. 2018; <https://ced.agro.uba.ar/moodle/mod/resource/view.php?id=57183>
- Ouhayoun J, Dalle Zotte A. "Harmonization of muscle and meat criteria in rabbit meat research" *World Rabbit Science*. 1996; 4 (2), 211-218.
- Ouhayoun J. La composition corporelle du lapin: facteurs de variation. *INRA Productions animales*, 1989; 2(3), 215-226.
- Owen JE. Rabbit production in tropical developing countries. *Trop. Sci*. 1976; 18, 203–210.

- Padilha MTS, Licois D, Gidenne T, Carré B, Fonty G. Relationships between microflora and caecal fermentation in rabbits before and after weaning. *Reproduction Nutrition Development*, 1995; 35(4), 375-386.
- Payá AB, Payá JB, Pontes MP. Requerimientos nutritivos del conejo. In III Symposium de cunicultura, 1978; (pp. 65-76). Asociación Española de Cunicultura (ASESCU).
- Peek HW, Van der Klis JD, Vermeulen B, Landman WJM. Dietary protease can alleviate negative effects of a coccidiosis infection on production performance in broiler chickens. *Animal feed science and technology*. 2009; 150(1-2), 151-159.
- Perez JM, Lebas F, Gidenne T, Maertens L, Villamide MJ, Carabaño R, Fraga MJ, Ramos MA, Cervera C, Blas E, Fernandez J, Falcao E Cunha L, Freire J, Xiccato G, Parigi Bini R, Dalle Zotte A, Cossu ME, Carazzolo A. "Metodo Europeo di Riferimento per la Determinazione in Vivo della Digeribilità di Diete per Conigli". *Zoot. Nutr. Anim.* 1996; 22, 47-51.
- Piattoni F, Maertens L, Demeyer D. Age dependent variation of caecal contents composition of young rabbits. *Archives of Animal Nutrition*, 1995; 48(4), 347-355.
- Pinchasov Y, Nir I. Effect of dietary polyunsaturated fatty acid concentration on performance, fat deposition, and carcass fatty acid composition in broiler chickens. *Poultry Science*. 1992; 71(9), 1504-1512.
- Pla M, Guerrero L, Guardia D, Oliver MA, Blasco A. Carcass characteristics and meat quality of rabbit lines selected for different objectives: I. Between lines comparison. *Livest Prod Sci*, 1998; 54: 115-123.
- Pluske JR. Efecto del nivel de proteína y la inclusión en la dieta de aditivos seleccionados sobre el rendimiento de los cerdos después del destete. XXV Curso de especialización FEDNA, 2009; 119-131.

- Pond WG, Maner JH. Swine production and nutrition. The AVI Publishing Company. 1984; Inc. 731 pg.
- Prenna, G. Evaluación del desempeño de lechones de 21 a 36 días de vida con raciones conteniendo proteasa (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata). 2017.
- Proto V. Fisiologia della nutrizione del coniglio con particolare riguardo alla ciecotrofia. Rivista di Conigliocoltura. 1976; 7, 15–33.
- Ramírez Télles JA. Tesis Doctoral. Características bioquímicas del músculo, calidad de la carne y de la grasa de conejos seleccionados por velocidad de crecimiento. Universitat Autònoma de Barcelona. 2005.
- Ravindran V. Aditivos en alimentación animal: presente y futuro. XXVI Curso de Especialización FEDNA. Madrid, 4 y 5 de noviembre de 2010.
- Robards K, Kerr A, Patsalides E. Rancidity and its measurement in edible oils and snack food: a review. Analyst. 1988; 113:213-224
- Ródenas Martínez L. Efecto del aumento de fibra digestible por sustitución de almidón y del nivel de grasa en el pienso de peridestete sobre el desarrollo del ciego y los principales parámetros de la actividad fermentativa en conejos. 2011.
- Rosell Pujol JM. Enfermedades del conejo. 2000.
- SAGyP. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Ministerio de Agroindustria. Presidencia de la Nación. Conejos. Principales indicadores del sector cunícola. 2017; https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/conejos/informes/Anuarios/_archivos//000000_Datos%20Hist%C3%B3ricos/000001_Anuario%202017%20Informaci%C3%B3n%20de%20Conejos.pdf

- SAGyP. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Ministerio de Agroindustria. Presidencia de la Nación. Conejos. Principales indicadores del sector cunícola, 2017. https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/conejos/informes/Anuarios/_archivos//000000_Datos%20Hist%C3%B3ricos/000001_Anuario%202017%20Informaci%C3%B3n%20de%20Conejos.pdf
- Sánchez Suarez H, Ochoa Mogollon G. Producción y valoración de alimentos para animales monogástricos, con ensilado biológico de restos del procesamiento de langostino (*Litopenaeus vannamei*) fermentados con lactobacilos. *Scientia Agropecuaria*. 2016; 7(SPE), 181-189.
- Sánchez WK, Cheeke PR, Patton NM. Effect of dietary crude protein level on the reproductive performance and growth of New Zealand white rabbits. *Journal Animal Science*. 1985; 60:1029-1039.
- Sanz RMA, Korsbak A, Brugger R, Pontoppidan K. Proteasas para alimentación de las aves. *Selecciones avícolas*. 2010; 52(11), 37-39.
- SAS Institute Inc. SAS On lineDoc* 9.1.3. Cary, NC: SAS Institute. Inc. 2004.
- Secretaría de Agroindustria. Ministerio de Producción y Trabajo. Presidencia de la Nación. Boletín Anual Conejos. Principales Indicadores del Sector| Diciembre de 2018. https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/conejos/informes/Anuarios/_archivos//000001_Anuario%202018%20Informaci%C3%B3n%20de%20Conejos.pdf
- Smith HW. Observations on the flora of the alimentary tract of animals and factors affecting its composition. *J. Pathol. Bacteriol*. 1965; 89, 95-122.
- Stanford JC. Notes on the history of the rabbit". *J. Appl. Rabbit Res*. 1992; 15 : 1 – 28.
- Starck JM. Phenotypic flexibility of the avian gizzard: rapid, reversible and repeated changes of organ size in response to changes in dietary fibre content. *Journal of Experimental Biology*. 1999; 202, 3171–3179.

- Szu KW, Brumm MC, Miller P. Effect of feather meal on barrow performance. *Journal of Animal Science*. 2004; 82(9): 2588-2595.
- Thacker PA. Fed wheat or corn based diets supplemented with xylanase or protease alone or in combination. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 2005.
- Toppe J, Olsen RL, Peñarubia OR, James DG. Producción y utilización del ensilado de pescado. Manual sobre cómo convertir los desperdicios del pescado en ganancias y en un ingrediente valioso de la ración o como fertilizante. Rome, FAO. 2018; 28 pp.
- Trocino A, Xiccato G, Queaque PI, Sartori A. Feeding plans at different protein levels: effects on growth performance, meat quality and nitrogen excretion in rabbits. In: Proc. 7th World Rabbit Congress, 2000 July, Valencia, Spain. 2000; Vol. C, 467-474.
- Trocino A, Xiccato G, Sartori A, Queaque PI. Phase feeding plans based on low protein diets in growing rabbits. In: Proceedings XIV Congresso Nazionale ASPA, Firenze. ASPA Publishing, Firenze, Italy. 2001; pp. 430–432.
- Valenzuela C, Carvallo F, Morales MS, Reyes P. Efecto del uso de ensilado seco de salmón en dietas de pollos broiler sobre parámetros productivos y calidad sensorial de la carne. *Archivos de medicina veterinaria*. 2015; 47(1), 53-59.
- Van Heugten E, Van Kempen T. Growth performance, carcass characteristic, nutrient digestibility and fecal odorous compounds in growing finishing pigs fed diets containing hydrolyzed feather meal. *Journal of Animal Science*. 2002; 80(1): 171-178.
- Van Soest PV, Robertson JB, Lewis BA. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of dairy science*, 1991; 74(10), 3583-3597.

- Velázquez C. Estudio de disponibilidad y uso actual de productos y subproductos de origen animal en el Uruguay. Primer informe de trabajo realizado en el marco de trabajo de la beca de iniciación en investigación dentro del Programa Regular de Recursos Humanos. Área; temas Agropecuarios CONICYT. 27p. 1994.
- Villamide MJ, Carabaño R, Maertens L, Pascual J, Gidenne T, Falcao-E-Cunha L, Xiccato G. Prediction of the nutritional value of European compound feeds for rabbits by chemical components and in vitro analysis. *Animal Feed Science and Technology*. 2009; 150, 283–294.
- Villamide MJ, Nicodemus N, Fraga MJ, Carabaño R. Protein digestion. *Nutrition of the rabbit* (2nd ed.). C. de Blas, J. Wiseman (eds.), CABI, Wallingford. 2010;UK, 39-55.
- Volek Z, Chodová D, Tumová E, Volková L, Kudrnová E, Marounek M. The effect of stocking density on carcass traits, muscle fibre properties and meat quality in rabbits. *World Rabbit Science*. 2014; 22: 41-49.
- Wessels JPH. A study of the protein quality of different feather meals. *Poultry Science*. 1972; 51(2), 537-541.
- Xiccato G, Parigi-Bini R, Dalle Zotte A, Carazzolo A. Effect of age, sex and transportation on the composition and sensory properties of rabbit meat. 40th International Congress Meat Science and Technology. 1994; (I.Co.M.S.T.). The Hague, The Netherlands, 28/08 – 2/09, w-2.02.
- Xiccato G. El efecto de la dieta en la composición de la carne de conejo. *Boletín de Cunicultura*, ISSN 1696-6074, N° 101. 1999; pags. 13-20.
- Yu B, Wu ST, Liu CC, Gauthier R, Chiou PW. Effects of enzyme inclusion in a maize–soybean diet on broiler performance. *Animal feed science and technology*. 2007; 134(3-4), 283-294.